

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

**Epidemiologische Querschnittsuntersuchung zur
Qualität von Wurzelkanalbehandlungen der Jahre
2003 und 2011**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorgelegt von Jan-Henri, Guido, Kirchhoff
aus Dachau

2017

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr. Johannes Randzio

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. dent. C. Diegritz

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 21.06.2017

Widmung

Meinen lieben Eltern, Großeltern und Geschwistern.

Meiner lieben Frau.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Literaturübersicht	2
2.1	Endodontie	2
2.1.1	Anatomie des Wurzelkanalsystems	2
2.1.2	Ätiologie pulpaler und periapikaler Erkrankungen	3
2.1.3	Grundlagen der endodontischen Behandlung	4
2.2	Radiologie und Endodontie	6
2.2.1	Zahnfilm	7
2.2.2	Orthopantomogramm	7
2.3	Radiologische Qualitätsmerkmale der endodontischen Behandlung	8
2.3.1	Länge der Wurzelfüllung	8
2.3.2	Homogenität der Wurzelfüllung	9
2.4	Prognose endodontisch behandelter Zähne	9
2.5	Einflussfaktoren auf die Prognose der Wurzelkanalbehandlung	10
2.5.1	Die Erkrankung der Pulpa	10
2.5.2	Der Zahn	11
2.5.3	Die Aufbereitung	11
2.5.4	Die Spülung	13
2.5.5	Die Wurzelkanalfüllung	13
2.5.6	Die restaurative Versorgung	14
2.6	Beurteilung von Erfolg und Misserfolg der Wurzelkanalbehandlung	16
2.7	Übersicht endodontischer epidemiologischer Studien	17

3.	Gegenstandsbereich der Arbeit	19
4.	Material und Methode	20
4.1	Patientenkollektiv	20
4.2	Röntgeneinheit	20
4.3	Kalibrierung durch den Begutachter und Analyse der Panoramaschichtaufnahmen	21
4.4	Die Parameter der Datenbank	22
4.5	Studiendesign	28
4.6	Statistische Auswertung	28
4.7	Literaturrecherche	29
5.	Ergebnisse	30
5.1	Allgemeine Befunde zum Patientenkollektiv	30
5.1.1	Ausschlusskriterien	30
5.1.2	Patientenverteilung hinsichtlich des Alters und Geschlechts	31
5.1.3	Anzahl der Zähne	33
5.1.4	Patientenkollektiv im Hinblick auf Wurzelkanalfüllungen	35
5.1.5	Patientenkollektiv im Hinblick auf apikale Parodontitis	38
5.2	Befunde zu den untersuchten Zähnen	41
5.2.1	Beurteilung der Zähne mit Wurzelkanalfüllung anhand der Zahnart, der Dichtigkeit und der Länge	41
5.2.2	Beurteilung des periapikalen Status der wurzelkanalbehandelten Zähne	44
5.2.3	Häufigkeit und Art von Aufbereitungsfehlern	47
5.2.4	Art und Qualität koronaler Versorgungen	49
5.2.5	Wurzelstiftversorgungen im Patientenkollektiv	50
5.2.6	Apikale Parodontitis im Zusammenhang mit der Qualität der Wurzelfüllung	51
5.2.7	Apikale Parodontitis im Zusammenhang mit der Art und Qualität der koronalen Versorgung	55
5.2.8	Einfluss der drei Qualitätsmerkmale - koronale Versorgung, Dichtigkeit und Länge auf den PAI	59

5.2.9	Binominale logistische Regressionsanalysen mit dem Endpunkt apikale Parodontitis	60
6.	Diskussion	65
6.1	Diskussion zu Material und Methode	65
6.1.1	Beurteilung des Studiendesigns	65
6.1.2	Patientenkollektiv	66
6.1.3	Kalibrierung des Begutachters	67
6.1.4	Grenzen des radiologischen Befundes	68
6.1.5	Der Zahn als Einheit	71
6.2	Diskussion zu den Ergebnissen	72
6.2.1	Zahnstatus	72
6.2.2	Zähne mit Wurzelkanalfüllung	74
6.2.3	Zähne mit apikaler Parodontitis	74
6.2.4	Qualität der Wurzelkanalbehandlungen	75
6.2.5	Apikaler Status der Zähne mit Wurzelkanalfüllung	77
6.2.6	Zusammenhänge zwischen der Prävalenz der apikalen Parodontitis und den Untersuchungskriterien	79
7.	Schlussfolgerung	82
8.	Zusammenfassung	84
9.	Literaturverzeichnis	86
10.	Danksagung	110
12.	Eidesstattliche Erklärung	111

1. Einleitung

Das Bewusstsein der Bevölkerung für Gesundheit nimmt in unserer Gesellschaft einen wichtigen Stellenwert ein. Auch in der Zahnmedizin ist laut Mundgesundheitsstudie der DGZMK ein steigender Trend zur Zahnerhaltung und eine Verbesserung der Zahngesundheit in Deutschland zu verzeichnen [42]. Stand vor einigen Jahrzehnten die Extraktion entzündeter Zähne im Vordergrund, so ist eine zahnerhaltende Herangehensweise in der Zahnmedizin in den Vordergrund gerückt [83, 36, 37].

Trotz aller Fortschritte in der Prävention kann der kariösen Destruktion der Zahnhartsubstanz und der Infektion des Pulpagewebes nicht immer Einhalt geboten werden. Das Resultat sind Schmerzen und Entzündungen der Pulpa. Bei Voranschreiten der destruierenden Prozesse bilden sich irreversible Pulpanekrosen, so dass sich Entzündungen in das periapikale Gewebe ausbreiten können [192]. Das Ziel der Wurzelkanalbehandlung ist es, eine Ausbreitung der Entzündung zu verhindern und den Zahnerhalt durch die Entfernung infizierten Gewebes zu gewährleisten.

Das Fachgebiet der Endodontie hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stetig weiterentwickelt. Bei all der Innovation steht die Frage im Vordergrund, inwiefern eine Verbesserung für die Gesundheit des Patienten im Sinne einer sinkenden Prävalenz der apikalen Parodontitis zu verzeichnen ist.

2. Literaturübersicht

2.1 Endodontie

Die Endodontie ist ein Teilbereich der Zahnheilkunde, der die Anatomie, Histologie und Physiologie der Pulpa- Dentin- Einheit zum Gegenstand hat. Sie befasst sich mit der Ätiologie, Epidemiologie, Diagnostik, Pathologie und Therapie endodontischer Erkrankungen.

Das Ziel der endodontischen Behandlung ist der langfristige Erhalt des Zahnes. In Abhängigkeit des Schweregrades und der Ausdehnung der Erkrankung gilt es periradikuläre und apikale pathologische Prozesse zur Ausheilung zu bringen [98].

2.1.1 Anatomie des Wurzelkanalsystems

Das Wurzelkanalsystem ist ein verzweigtes Geflecht aus Kanälen, welches von der Pulpa ausgefüllt wird. Die Pulpa besteht aus spezialisiertem, lockermaschigem Bindegewebe und Pulpoblasten die sich zu Odontoblasten und Fibroblasten differenzieren können. Weitere Bestandteile der Pulpa sind Kollagenfasern vom Typ I und III, Plasmazellen, Blut- und Lymphgefäße und ein Nervenplexus aus A β , A δ und C-Fasern [12].

Als Foramen apicale bezeichnet man die physiologische Öffnung an der Wurzelspitze. Man unterscheidet dabei das Foramen physiologicum, das die engste Stelle des Zugangs zur Pulpa darstellt, den anatomischen Apex, der die anatomische Wurzelspitze bezeichnet und den röntgenologischen Apex. Der röntgenologische Apex bezeichnet die radiologisch dargestellte Wurzelspitze [89].

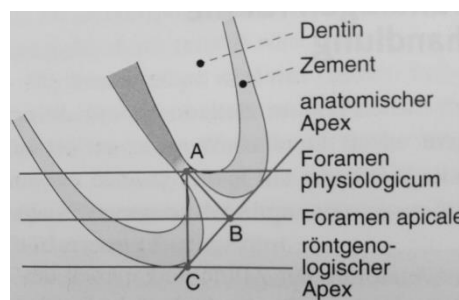


Abbildung 1: Anatomie der Wurzelspitze [89]

Die Distanz vom Foramen apicale zum Foramen physiologicum liegt laut Untersuchungen von Dummer et. al. zwischen 0,07 mm und 2,69 mm und im Durchschnitt bei 0,89 mm für alle Zähne [49]. Der radiologische Apex hat einen Abstand von ca. 1 mm zur apikalen Konstriktion des Wurzelkanals, der in etwa 0,15-0,25 mm im Durchmesser beträgt [89].

Mikroskopische und computertomographische Aufnahmen sowie histologische Präparate zeigen, dass das Wurzelkanalsystem eine große Variation in der Morphologie und in der Anzahl der Wurzelkanäle aufweist [94, 129]. Seitenkanäle, unregelmäßige Formen, Obliterationen, C-förmige und abgewinkelte Kanäle, multiple Foramina, konfluierende Kanäle, große Foramina apikales und weitere Individualitäten stellen hohe Anforderungen an die endodontischen Aufbereitungsmaterialien wie auch an die Fähigkeiten des Behandlers [108, 106, 152, 196, 197, 26].

2.1.2 Ätiologie pulpaler und periapikaler Erkrankungen

Kariogene Bakterien, ihre Enzyme, Zellbestandteile und Virulenzfaktoren wie Lipopolysacharide, Hyaluronidasen, Kollagenasen und Proteasen schädigen das Pulpagewebe [13, 82, 141, 64]. Karies ist eine Ursache für pulpale Erkrankungen. Zudem kann es durch dentale Traumata, Paro- Endo- Läsionen, Präparationstraumata, undichte Restaurationsränder, Verlust der Zahnhartsubstanz durch Attrition bzw. Abrasion zu einer bakteriellen Penetration der Dentintubuli sowie der Pulpa kommen [2]. Ebenso können durch den Zahnarzt iatrogen verursachte Schädigungen der Pulpa zu deren Erkrankung führen [88].

Diese Reizungen können zu einer lokal begrenzten Entzündungsreaktion, der Pulpitis führen. Die Pulpa- Dentin- Einheit reagiert mit der Bildung von Tertiärdentin und führt durch diese Hypermineralisation zur Sklerosierung der Dentintubuli [22]. Es kommt zu einer Hyperämie und Dilatation der Gefäße, wodurch der Gewebedruck ansteigt. Bei fortandauernder Irritation sind B- und T- Lymphozyten, Makrophagen und Plasmazellen zu finden. Diese führen zur Eliminierung der Bakterien und deren Noxen. Nach ihrem Absterben setzen sie pulpatoxische, zelluläre Komponenten frei, die weitere Granulozyten über Chemotaxis anlocken. Die Immunantwort ist zu diesem Zeitpunkt nicht mehr in der Lage, den Übergang der akuten zur chronischen

Entzündung zu verhindern [87, 192]. Es kommt zur partiellen oder totalen Pulpanekrose. In der Konsequenz werden periapikale Gewebeanteile kontaminiert. Laut der American Association of Endodontics werden Erkrankungen der Pulpa und der periapikalen Region wie folgt eingeteilt [1]:

- Reversible Pulpitis
- Symptomatische irreversible Pulpitis
- Asymptomatische irreversible Pulpitis
- Pulpanekrose
- Symptomatische apikale Parodontitis
- Asymptomatische apikale Parodontitis
- Chronische apikale Abszess
- Akute apikale Abszess
- Kondensierende Ostitis

2.1.3 Grundlagen der endodontischen Behandlung

Bei einer irreversiblen Schädigung der Pulpa folgt, nach Anästhesie der betreffenden Region, vollständiger Entfernung kariöser Zahnhartsubstanz und eventuellem präendodontischen, bakteriendichten Aufbau die Trepanation zur Schaffung eines ausreichenden Zugangs zum endodontischen System [43]. Das Anlegen von Kofferdam wird zur Verhinderung von Speichel- und Bakterienzutritt, zum Schutz des Patienten vor Aspiration und Ingestion von Spülflüssigkeiten und endodontischen Kleininstrumenten und zur Optimierung der Sichtverhältnisse empfohlen [43]. Das Auffinden und die Sondierung aller Wurzelkanäle ist die Grundlage einer suffizienten Aufbereitung. Die letztendliche Arbeitslänge wird meist an der apikalen Konstriktion festgelegt [43]. Die Kanalbearbeitung erfolgt entweder manuell mit Handinstrumenten oder mittels maschineller Aufbereitung. Gemeinsames Ziel aller Systeme soll die möglichst gründliche Entfernung infizierten Gewebes sein [90].

Die bakterielle Kontamination des Wurzelkanals betrifft nicht nur die Pulpa sondern auch die Dentintubuli. Die chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems mit Spüllösungen spielt eine wesentliche Rolle bei der Elimination der pathogenen

Mikroorganismen [55, 200]. Gängige Spülflüssigkeiten sind NaOCl, NaCl, CHX, und EDTA [45].

Zur Beschwerdefreiheit und Bakterienreduktion wird das Wurzelkanalsystem mit einer medizinischen Einlage versorgt und provisorisch verschlossen [62]. Hierzu können z. B. Kalziumhydroxid-Präparate oder kortikosteroidhaltige Medikamente verwendet werden [91].

Ist die Aufbereitung abgeschlossen und hat sich die Anwendung der medikamentösen Einlage durch die klinische Asymptomatik des Zahns als erfolgreich herausgestellt, kann dieser wurzelkanalgefüllt werden. Dabei wird meist eine Kombination aus Guttapercha und einem Sealer verwendet. Guttapercha besteht aus Milchsaft des Guttaperchabaumes und Zusätzen wie Zinkoxid, Schwermetallsulfaten, Kunststoffen und Farbstoffen. Methoden wie die laterale Kondensation, die vertikale Kompaktion nach Schilder, die thermoplastische Injektion, die thermomechanische Kondensation, und die Füllung anhand thermoplastischer Guttapercha auf einem Kunststoffträger wie beim Thermafil®-System haben sich etabliert.

Bei den Sealern unterscheidet man zwischen weichbleibenden, erhärtenden und festen Materialien. Sie dienen der Abdichtung des endodontischen Kanalsystems. Gängige Produkte sind Zinkoxid-Eugenol, Glasionomerkemente, Guttapercha, Sealer auf Kunstharz-Basis und adhäsive Versiegler [92]. Die Kombination aus Sealer und Wurzelfüllmaterial soll eine homogen dichte, nahe dem Apex liegende Füllung ergeben, um eine Rekontamination des Wurzelkanalsystems mit Mikroorganismen zu unterbinden [43].

Ist die Wurzelfüllung abgeschlossen, muss der Zahn rekonstruiert werden. Die Restauration der Zahnkrone und ihr bakteriendichter Verschluss sind von essentieller Bedeutung für die Prognose des wurzelkanalbehandelten Zahnes [32, 191, 120]. Dies kann bei kleinen Defekten, z. B. bei Frontzähnen, mit einem plastischen Füllmaterial oder einer Einlagefüllung geschehen. Im Seitenzahnbereich sind aufgrund der höheren Kaukräfte Teilkronen oder Kronen indiziert [93]. Wurzelstiftversorgungen können den koronalen Aufbau bei stark zerstörter Krone ermöglichen, allerdings sind sie mit einem erhöhten Risiko für Wurzelfrakturen assoziiert [9].

Mit der suffizienten koronalen Restauration des wurzelkanalbehandelten Zahnes ist die endodontische Behandlung abgeschlossen. Eine Kontrolle des Therapieerfolges

wird laut der DGZMK empfohlen. Es sollte in Abständen von 6 Monaten, 1 Jahr, 2 Jahren und 4 Jahren der Zahn klinisch und röntgenologisch untersucht werden [43].

2.2 Radiologie und Endodontie

Bei der klinischen Untersuchung der Erkrankungen von Pulpa und Periapex kommt der Radiologie ein besonderer Stellenwert zu.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen intraoraler Aufnahme (Zahnfilm) und extraoraler Bildanfertigung (Panoramaschichtaufnahme). Anhand eines Zahnfilmes oder der Panoramaschichtaufnahme, die auch als Orthopantomogramm (OPT) bezeichnet wird, kann ein periapikal pathologischer Prozess bildlich dargestellt werden [167]. Die Bildanfertigung ist in analoger und digitaler Form möglich. Die Bildqualität des digitalen Röntgens lässt sich annähernd mit analogen Aufnahmen vergleichen [124, 195], allerdings bei verminderter Strahlenbelastung [125]. Trotz der Vorteile moderner zahnärztlicher Radiologie bleiben ungelöste Probleme bestehen: Parallaxische Verschiebungen, Verzerrungen, Additions- und Subtraktionseffekte, restaurationsbedingte Artefakte, Unschärfebereiche und patientenindividuelle Schwierigkeiten wie Strahlenphobie und Würgereiz sind gängige Komplikationen in der zahnärztlichen Praxis. Sowohl der Zahnfilm als auch das OPT geben ein zweidimensionales Bild wieder. Dies kann zu Fehleinschätzungen bei der apikalen Diagnostik und Abstandsmessung führen. Bender und Seltzer haben herausgefunden, dass apikale Abbauprozesse des Alveolarknochens erst bei Erreichen kortikaler Strukturen radiologisch festgestellt werden können [14, 16, 15]. Initiale Entzündungsprozesse des Periapex können demnach nicht immer rechtzeitig erkannt werden [187]. Histologische Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass bis zu 30 % der apikalen Entzündungen röntgenologisch unauffällig waren, aber mikrobiell nachgewiesen werden konnten [10].

Zunehmende Bedeutung gewinnt bei der bildgebenden Diagnostik die digitale Volumentomographie. Diese Aufnahmetechnik ermöglicht eine dreidimensionale Darstellung von Weich- und Hartgewebe und verbessert die Beurteilbarkeit pathologischer Prozesse sowie anatomischer Variationen, wie z. B. akzessorischer Kanäle. Die überlagerungsfreie Darstellung des DVT Bildes ist ein wesentlicher Vorteil

gegenüber der zweidimensionalen Abbildung mittels Zahnfilm oder OPT.

Demgegenüber steht eine höhere Strahlenemission als bei Zahnfilmen oder Panoramaschichtaufnahmen und eine damit einhergehende strengere Indikationsstellung [140, 29, 35, 34, 65].

2.2.1 Zahnfilm

Der Zahnfilm ist die intraorale Standard-Röntgenaufnahme zur Klärung kariöser Prozesse und endodontischer Fragestellungen.

Der Detailgrad und Kontrast des Zahnfilmes erlaubt eine präzise Untersuchung spongiöser Strukturen, beginnender Entzündungen des Periapex, kariöser Läsionen und parodontaler Veränderungen des Alveolarknochens. Studien haben die Panoramaschichtaufnahme mit dem Zahnfilm verglichen und die Überlegenheit des Zahnfilmes für die Diagnostik von Einzelzähnen gezeigt, auch wenn die Differenzen dank der Weiterentwicklung der modernen Detektortechnologie abnehmen [103, 167, 4, 69]. Für die endodontische Behandlung ist die Anfertigung von röntgenologischen Einzelzahnahmen für die Diagnose, Längenkontrolle und die Überprüfung der Wurzelfüllung unverzichtbar.

2.2.2 Orthopantomogramm

Die Panoramaschichtaufnahme ist eine extraorale Aufnahmetechnik, die eine Übersicht über das gesamte Gebiss, die Mandibula und die Kiefergelenke, die Maxilla, die Kieferhöhlen und Teile der Orbita liefert. Typische, die Bildqualität mindernde Erscheinungen im OPT sind Überlagerungseffekte im Bereich der Frontzähne durch die Articulatio atlantooccipitalis, Subtraktionseffekte durch die Trachea, des Canalis mandibularis und beidseits des Sinus maxillaris [167].

Aus endodontologischer Sicht hat das OPT im Vergleich zum Einzelzahnbild spezifische Limitationen. Wie oben bereits beschrieben ist die geringere Bildschärfe für die Betrachtung initialer Läsionen problematisch. Die Lamina dura und Spongiosa des Alveolarknochens lassen sich weniger präzise wiedergeben, pathologische

Umstrukturierungen werden erst im fortgeschrittenen Stadium erkannt. Insbesondere einwurzelige Zähne haben sich als weniger gut zu befunden herausgestellt als mehrwurzelige Zähne [103].

2.3 Radiologische Qualitätsmerkmale der endodontischen Behandlung

In der Literatur wird die Qualität einer Wurzelkanalbehandlung anhand zweier Parameter beurteilt: Durch die Länge der Wurzelfüllung und ihren Abstand zum radiologischen Apex und durch ihre Homogenität. In Situ hat sich dabei zur Beurteilung dieser Qualitätsmerkmale als einzige praktikable Methode die röntgenologische Untersuchung durchgesetzt [51, 170, 120].

2.3.1 Länge der Wurzelfüllung

Der Abstand der Wurzelkanalfüllung zum physiologischen Apex ist für die Prognose des Zahnes von entscheidender Bedeutung. Eine möglichst vollständige Aufbereitung sowie Wurzelfüllung gewährt eine adäquate Bakterienreduktion und kann eine Heilung der Entzündung durch die körpereigene Immunantwort erlauben [141]. Im Allgemeinen sollte die Wurzelfüllung höchstens 2 bis 3 Millimeter vom Apex der Wurzel entfernt liegen [62, 43]. Mehrere Studien haben die Prognose endodontisch behandelter Zähne anhand der Länge der Wurzelfüllung untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass Erfolgsquoten von 70% - 100% bei optimaler Länge möglich sind, bei zu kurzen Füllungen sank die Prognose bereits auf 57% - 95%. Den unsichersten Heilungsausgang mit 50% - 90% zeigten Zähne, die apikal eine Überstopfung aufwiesen [120, 114, 185, 137, 75, 154, 8]. Nekrotische Zähne zeigen eine höhere Erfolgsquote, wenn die Wurzelfüllung bündig am Periapex abschließt. Bei vitalen Zähnen hat sich herausgestellt, dass eine Abfüllung bis 2 mm vor dem Apex ausreichend ist.

Mit jedem Millimeter Abstand der Füllung zum physiologischen Apex eines periapikal entzündeten Zahnes sinkt laut Untersuchungen von Chugal et al. die Prognose um 14% [31].

2.3.2 Homogenität der Wurzelfüllung

Ein dichter und homogener Verschluss der Pulpa-Dentin-Einheit ist die Voraussetzung, um eine bakterielle Rekontamination zu verhindern und die Erfolgsaussichten der endodontischen Behandlung zu unterstützen.

Das Wurzelfüllmaterial und der Sealer sollten röntgenologisch eine homogen opake und dichte Einheit ergeben [61], um als Barriere gegen mikrobielle Besiedelung zu funktionieren [202]. Es hat sich herausgestellt, dass eine dichte Kompaktierung, selbst bei Verlust der koronalen Restauration und langzeitiger Exposition der Wurzelfüllung zum oralen Milieu in effektiver Weise Mikroorganismen abschirmen kann. Laut Untersuchungen von Ricucci und Bergenholz, blieb dabei die Kontamination in nahezu allen Fällen auf das koronale Wurzelfeld beschränkt, was den Heilungsprozess der apikalen Parodontitis nicht unterminierte konnte [161]. Untersuchungen von Chugal et al. bewiesen außerdem, dass je nach Entzündungsgrad die Homogenität des Füllmaterials für die Prognose von signifikanter Bedeutung ist. Zähne mit entzündungsfreiem oder röntgenologisch unauffälligem Periapex zeigten eine doppelt so hohe Misserfolgsrate bei schlechter Kompaktierung als bei dichter, andererseits wiesen Fälle mit einer apikalen Parodontitis eine um 20% geringere Heilungschance auf [31].

2.4 Prognose endodontisch behandelter Zähne

In der Literatur finden sich für endodontische Behandlungen Erfolgsquoten von 30% bis zu 98% [74].

Torabinejad et al. konnte in einer umfassenden Metaanalyse eine durchschnittliche Überlebensrate endodontisch behandelter Zähne nach 4 bis 6 Jahren von 95% feststellen [189]. Über 1,5 Millionen behandelte Zähne in einer taiwanesischen Studie von Chen et al. zeigten nach 5 Jahren ebenfalls eine hohe Überlebensrate von 92,9% [28]. Salehrabi und Rotstein kamen bei einer weit angelegten Forschungsarbeit über 8 Jahre zu ähnlichen hohen Ergebnissen. Es wurden über 1,1 Millionen Patienten und über 1,4 Millionen endodontisch behandelte Zähne herangezogen, die insgesamt über

den Untersuchungszeitraum eine Erfolgsrate von 97% bewiesen [168]. Weitere Untersuchungen unterstützen diese Resultate [38, 128, 72, 72, 142, 106, 165].

2.5 Einflussfaktoren auf die Prognose der Wurzelkanalbehandlung

Der Erfolg der Behandlung hängt von drei Faktoren ab [120]:

1. Gründliche Entfernung der Mikroorganismen durch Spülung, Aufbereitung und Säuberung des Wurzelkanalsystems.
2. Dichte und bündige Wurzelkanalfüllung.
3. Bakteriendichter koronaler Verschluss des Wurzelkanalsystems.

Im Folgenden werden die in der Literatur häufig beschriebenen Einflussfaktoren auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung dargestellt.

2.5.1 Die Erkrankung der Pulpa

Es hat sich gezeigt, dass die bakterielle Kontamination des Wurzelkanalsystems einen entscheidenden Faktor für die Prognose des Zahnes darstellt. So ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der mikrobiellen Ausbreitung von der Pulpa bis zum periapikalen Gewebe und der endodontischen Erfolgsquote festzustellen [30, 73]. Je geringer das Wurzelkanalsystem durch Bakterien penetriert wird und die Selbstheilungsmechanismen der Pulpa noch bestehen, umso höher scheinen die Erfolgsaussichten zu sein [96]. In einer Untersuchung von Chugal et al. zeigte sich eine unterschiedliche Prognose hinsichtlich der Behandlung von Zähnen mit akuter Pulpitis und chronischer Parodontitis apikalis. Akute Entzündungen waren mit 91,5% signifikant erfolgversprechender zu behandeln als chronische (63,8%). Zähne mit chronischer apikaler Parodontitis wiesen eine 3,67-fach schlechtere Prognose auf als Zähne mit unauffälligem periapikalem Befund [30]. Diese Tendenz wurde auch in anderen Studien festgestellt. Eine Metaanalyse von Ng und Mann zeigt auf, dass vitale und nichtvitale Zähne keine signifikant unterschiedliche Prognose aufweisen wenn keine röntgenologischen Anzeichen einer periapikalen Entzündung vorliegen. Bei Vorhandensein letzterer war die Ausheilungsprognose 2,35-mal niedriger. Die Größe

der apikalen Läsion war in der genannten Analyse ebenfalls ein Faktor für die Prognose. In manchen Studien wurde ein signifikant besserer Ausgang der endodontischen Behandlung für kleine Läsionen im Vergleich zu großen prognostiziert. Andere Autoren konnten dies nicht mit statistischer Relevanz feststellen [143]. Ähnliche Ergebnisse sind von Sjögren et al. erarbeitet worden. Hier wurde festgestellt, dass die Größe der apikalen Entzündung bei der endodontischen Erstbehandlung nekrotischer Zähne keinen Einfluss auf die Prognose hatte, wenn diese bis maximal 10 mm in ihrer Ausdehnung betrug [179]. Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die bloße Anwesenheit einer periapikalen Entzündung signifikant höhere Misserfolgsraten in der endodontischen Behandlung zeigt als Zähne, die keine solchen Anzeichen erkennen lassen [123].

2.5.2 Der Zahn

Auch wenn es naheliegt, mehrwurzelige Zähne mit komplexerer Anatomie mit einer ungewissen Prognose als einwurzelige- zu assoziieren, so konnte sich dieser Verdacht mehrheitlich nicht bestätigen [27]. Literaturrecherchen von Ng und Mann resümieren die Ergebnisse von 13 Untersuchungen für diese Zusammenhänge. Dabei konnten keine signifikant höheren Überlebensraten für bestimmte Zähne eruiert werden. Nur bei zwei dieser Studien hatten Unterkiefermolaren eine deutlich schlechtere Prognose. Die Lokalisation der Zähne in Maxilla oder Mandibula zeigte sich als allgemein nicht ausschlaggebend für den Behandlungserfolg [143]. Diese Ergebnisse decken sich mit einer weiteren Metaanalyse von Basmadjian-Charles et al. [11].

2.5.3 Die Aufbereitung

Die Entfernung mikrobieller Organismen aus dem Wurzelkanalsystem ist entscheidend für die Heilung periapikaler Läsionen. Allison, Weber und Walton fanden heraus, dass Aufbereitungstechniken, die eine dem Apex nahe Kompaktion ermöglichen, in deutlich dichteren Füllungen resultieren und damit auch die Prognose positiv beeinflussen [6].

Der Wurzelkanal ist bei mikrobieller Besiedelung über seine Länge hinweg und bis in die lateralen Dentintubuli kontaminiert. In der Konsequenz unterstützt ein größerer Aufbereitungsdurchmesser die gründliche Reinigung und somit die Prognose [72].

Die Technik der Aufbereitung per se hat in Untersuchungen von Flemming et al. indes keinen signifikanten Einfluss auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung gehabt. Hier wurden klassische Aufbereitungsmethoden mit Stahlfeilen und Techniken mit rotierenden Nickel-Titan-Systemen verglichen [68]. Hülsmann et al. untersuchte in Studien ebenfalls unterschiedliche Feilensysteme und Techniken. Die „Balanced-Force-Technik“ mit Handinstrumenten zeigte in Bezug auf die Entfernung von Debris aus dem Wurzelkanal bessere Ergebnisse als die „Crowdown-pressureless-“ und „Stepback-Technik“. Bei Vergleich der klassischen „Stepdown-“ und „Stepback Technik“ konnte keine Überlegenheit beobachtet werden; die „Balanced-Force“ Methode zeigte allerdings weniger Anzeichen von Kanalbegradigung, ebenso wie die Anwendung von Nickel-Titan Feilen. Eine vollständige Entfernung von Smear layer oder Debris konnte jedoch nicht erreicht werden. Die Aufbereitung des Wurzelkanalsystems dient zudem der suffizienten Applikation endodontischer Spüllösungen zur Reduktion von Mikroorganismen und hat in der Folge einen indirekten Einfluss auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung [99, 100].

Aufbereitungsfehler wie Perforationen, Stufen, laterale Ausdünnung, Überinstrumentierung und Verblockung können irreversible Schäden verursachen und eine regelrechte Aufbereitung unmöglich machen.

Frakturierte Instrumente im Wurzelkanalsystem haben laut Studien von Panitvisai et al. und Murad et al. jedoch keinen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg, falls diese die chemische Entfernung von Mikroorganismen nicht behindern [148, 139]. Darüber hinaus konnte bisher kein Unterschied hinsichtlich des Behandlungserfolgs zwischen einzeitigen- und zweizeitigen Vorgehen festgestellt werden [67].

2.5.4 Die Spülung

Die Wurzelkanalspülung dient der Entfernung von Debris, Smear layer, der Gängigkeit der Aufbereitungsinstrumente und der Eliminierung von Mikroorganismen [201].

Wurzelkanäle, die lediglich gering im Durchmesser aufbereitet wurden, zeigten eine signifikant höhere bakterielle Besiedelung auf. Eine apikale Aufbereitung bis zu einer ISO Größe von 40 gewährt jedoch eine ausreichende Spüleffizienz [63].

Manche Autoren empfehlen zuerst die Anwendung von EDTA und anschließend die Spülung mit NaOCl [27]. Allerdings hat sich bezüglich der unterschiedlichen Art von Spüllösungen in Literaturrecherchen von Basmadjian-Charles et al. kein signifikanter Unterschied für die Erfolgsquote gezeigt [11]. Auch die Konzentration der antimikrobiellen Agenzien hat sich als nur wenig beeinflussend herausgestellt. So ist die antimikrobielle Wirkung von NaOCl zwischen 2 und 5% nahezu gleich. Eine höhere Konzentration ermöglicht zwar eine effizientere Eliminierung von infiziertem Gewebe und Mikroorganismen, jedoch steigt damit auch die Toxizität. Demnach ist eine ausreichende Gewebegängigkeit bei hoher Spüleffizienz ausschlaggebend [182]. Die effektive Desinfektion des Wurzelkanalsystems ist auch hinsichtlich der Eliminierung widerstandsfähiger grampositiver und fakultativ anaerober Bakterien und von Problemkeimen wie beispielsweise *Enterococcus faecalis* relevant [84, 66, 157]. Da, wie weiter oben beschrieben, die mikrobielle Kontamination der Pulpa und des Periapex einer der wichtigsten prognostischen Faktoren darstellt, ist die Relevanz der Reduktion dieser durch geeignete Spüllösungen unbestreitbar.

2.5.5 Die Wurzelkanalfüllung

In Bezug auf die Qualität der Wurzelkanalbehandlung sind in der Literatur überwiegend einheitliche Stellungnahmen zu finden, wenn es um deren prognostische Relevanz geht.

Undichte Füllungen, Überstopfung von Wurzelfüllmaterial und zu kurze Kompaktion haben deutlich vermindernde Erfolgsaussichten für endodontisch behandelte Zähne gezeigt [11, 137, 144, 147].

Verschiedenste Wurzelfülltechniken haben sich in der Vergangenheit etabliert. Die laterale Kompaktion von Guttaperchastiften in Kombination mit einem Sealer ist dabei eine gängige Methode, die allerdings, wie auch andere Techniken, keine hundertprozentig dichte Füllung garantiert [173]. Thermoplastische Abfüllmethoden neigen zu Schrumpfung und reduzieren somit die Dichtigkeit. Sie eignen sich jedoch gut zur Füllung von irregulären Kanalstrukturen wie Isthmen und Seitenkanälen, auch wenn dabei eine höhere Gefahr der Überpressung von Wurzelfüllmaterial in den Periapex besteht. Bei in vitro Untersuchungen von Fracassi et al. zeigte sich, dass die thermoplastische Füllung mittels Thermafil® die dichtesten Ergebnisse erzielte, gefolgt von einer modifizierten Schilder Technik und der lateralen Kompaktion. Diese Resultate sind jedoch nicht stellvertretend, da die Literatur diesbezüglich kein einheitliches Bild liefert [70]. In einer Metaanalyse von Peng et al. zeigten sich keine signifikanten Differenzen in der Abfüllqualität, der Langzeitprognose und dem Vorkommen von postendodontischen Schmerzen zwischen lateraler Kompaktion von Guttapercha und warmer, vertikaler Kondensation [149]. Gegensätzliche Resultate erbrachte eine weitere in vitro Untersuchung von Peters et al. welche die Qualität von lateraler Kompaktion im Vergleich zur vertikalen- röntgenologisch und mikroskopisch evaluierte. Es zeigte sich, dass die Anwendung der vertikalen Kompaktion in einer wesentlich höheren Homogenität resultierte, die Gefahr der Überpressung allerdings 5 Mal so hoch war [150].

Die Forschungsergebnisse lassen keine generelle Überlegenheit einer bestimmten Technik erkennen. Maßgeblich für den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung in Bezug auf die Füllung ist die Dichtigkeit und adäquate Länge, da Zähne ohne diese Qualitätsmerkmale häufiger Anzeichen einer apikalen Parodontitis vorweisen [120].

2.5.6 Die restaurative Versorgung

Die adäquate koronale Restauration des endodontisch behandelten Zahnes soll einen bakteriendichten Verschluss des Wurzelkanalsystems und die Wiederherstellung der Kaufunktion gewährleisten. Der Einfluss der koronalen Versorgung auf die Prognose des wurzelkanalbehandelten Zahnes ist ein häufig untersuchter Faktor in der Endodontologie [118, 94, 158, 32, 178, 191, 78]. In der Literatur findet sich kein

Zweifel für die Relevanz der Restauration auf den Einfluss der Erfolgsquote [118, 120, 95]. Ob die Qualität der Wurzelfüllung oder die Qualität der koronalen Versorgung eine höhere Wertigkeit für die Prognose besitzt, wird allerdings unterschiedlich beurteilt.

Ray und Trope sprechen der koronalen Versorgung einen höheren Stellenwert zu [158]. Auch Sidaravicius et al. konnten einen Zusammenhang zwischen der Restauration und der Prävalenz der apikalen Parodontitis feststellen [177]. Dies deckt sich mit Untersuchungen von Chugal et al. Hier konnte zudem kein Unterschied in der Prognose der Wurzelkanalbehandlung zwischen den verschiedenen Arten der koronalen Versorgung beobachtet werden [32].

Gillen et al. konnten in einer Metaanalyse jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede bei dem Vergleich der Kombination aus schlechter Wurzelfüllung und suffizienter koronaler Versorgung und guter Wurzelfüllung und schlechter koronaler Restauration feststellen [77]. Ergebnisse aus Untersuchungen von Siqueira zeigten hingegen deutliche Unterschiede auf. Eine adäquate Wurzelfüllung kombiniert mit einer dichten koronalen Versorgung resultierte in einer Erfolgsquote von 71%, bei Zähnen mit guter Wurzelfüllung und schlechter Restauration sank die Prognose auf 65%. Eine Überlebensrate von 38% zeigten Zähne, die eine gute Restauration, jedoch eine mangelhafte Qualität der Wurzelkanalfüllung aufwiesen [178]. Ähnliche Ergebnisse liefert auch eine Studie von Tronstad et al. [191]. Wurzelkanalstifte werden bei einer ungenügenden Retentionsfähigkeit der Restzahnhartsubstanz für die koronale Restauration verwendet. Bei der Anwendung sind Perforation, Wurzelsprengung, Lockerung, Schwächung von Zahnhartsubstanz, Verursachung von Undichtigkeit der Wurzelfüllung typische Risiken [21, 79]. Forschungsarbeiten zeigen eine Korrelation zwischen dem Vorkommen von apikaler Parodontitis und der röntgenologisch festgestellten Versorgung mit Wurzelstiften [110].

Es bleibt festzuhalten, dass die dichte koronale Restauration eines endodontisch behandelten Zahnes ein wichtiger Parameter für den Erfolg darstellt. Wurzelstiftversorgungen können aufgrund der Schwächung der Zahnhartsubstanz und der oben genannten Risiken die Prognose eines wurzelbehandelten Zahnes herabsetzen.

2.6 Beurteilung von Erfolg und Misserfolg der Wurzelkanalbehandlung

Die Definition von Erfolg und Misserfolg ist aufgrund unterschiedlicher Untersuchungskonzepte, Zeiträume und der schwierigen Reproduzierbarkeit beeinflussender Studienparameter nicht einheitlich festgelegt [17]. Zur Diagnostik stehen klinische Mittel wie z.B. die Prüfung der Perkussionsempfindlichkeit und bildgebende Verfahren zur Verfügung. Fehlende Sensibilität, Schmerzen, Schwellungen und Fisteln können Anzeichen von apikaler Entzündungen sein und einen Misserfolg bedeuten [47]. Jedoch konnte selbst bei röntgenologisch vermeintlich gesund befundeten Zähnen durch mikrobiologische Untersuchungen eine Vielzahl chronischer Entzündungszellen apikal isoliert werden [18].

Die histologische und mikrobiologische Untersuchung des Zahnes und des umliegenden Gewebes ist letztlich das einzig sichere Mittel zur Beurteilung eines Behandlungserfolges in der Endodontologie [10]. Aufgrund der Invasivität und der Risiken einer Probenentnahme ist die Durchführung dieser Maßnahmen beim Menschen in vivo ethisch nicht vertretbar.

Die röntgenologische Bildgebung hat sich trotz ihrer oben genannten Defizite als Methode der Diagnostik etabliert und gewinnt in Verbindung mit der klinischen Untersuchung an Aussagekraft.

Ein Erfolg wird allgemein anerkannt wenn [44]:

- keine klinische Symptomatik von dem Zahn ausgeht und er keine röntgenologischen Anzeichen einer Entzündung aufweist (vollständige Heilung)
- keine klinische Symptomatik von dem Zahn ausgeht und durch röntgenologische Vergleichskontrolle eine Reduktion der Entzündungszeichen festzustellen ist (unvollständige Heilung)

Ein Misserfolg liegt vor wenn:

- klinisch persistierende oder wiederaufkommende Entzündungszeichen imponieren und / oder radiologisch eine Aggravation der Pathologie oder das Ausbleiben des Genesungsprozesses diagnostiziert wird (keine Heilung).

Als maximaler Zeitraum für die knöcherne Ausheilung werden vier bis fünf Jahre angegeben [44]. Geeignete, universell gültige Indizes haben sich aus den genannten Gründen nicht durchgesetzt.

2.7 Übersicht endodontischer epidemiologischer Studien

Die Fragestellung nach der technischen Qualität von Wurzelfüllungen und der koronalen Versorgung von Zähnen im Hinblick auf die Prävalenz apikaler Parodontitis und ihren Einfluss auf die Prognose ist in der internationalen Literatur häufig untersucht [8, 154, 75, 114, 24, 193, 188, 109, 132, 107, 25, 61, 180, 116, 178, 131, 175, 118, 130, 110, 84, 7, 76, 117, 101, 197, 122, 174, 86, 97]. Das unterschiedliche Studienkonzept, das Patientenkollektiv, die verschiedenen Auswertungskriterien, ihre Definition und der variierende Untersuchungszeitraum führen jedoch zu einer schwierigen Vergleichbarkeit der Forschungsarbeiten.

In Deutschland ist die Anzahl der veröffentlichten endodontisch epidemiologischen Studien überschaubar. Eine 1998 publizierte, epidemiologische Studie zur Prävalenz und der Qualität endodontischer Behandlungen kommt von Hülsmann et al. Der Untersuchungszeitraum reichte von 1976 bis 1993. Es wurden 200 Orthopantomogramme mit insgesamt etwas über 4800 Zähnen untersucht. Die Häufigkeit der Wurzelkanalfüllungen lag bei 3-4%, 60% hatten radiologische Anzeichen einer periapikalen Entzündung, 60% waren inhomogen und über 80% waren zu kurz abgefüllt worden. In diesen 17 Jahren konnte keine eindeutige Tendenz zur Verbesserung des Versorgungsgrads beobachtet werden [101].

Eine weitere Forschungsarbeit kommt von Weiger et al.. Im Fokus der Beobachtung stand die Qualität der Wurzelkanalbehandlungen, der periapikale Status und daraus resultierend der Bedarf endodontischer Behandlungen in der deutschen Bevölkerung. Diese Arbeitsgruppe untersuchte im Jahr 1993 klinisch und röntgenologisch 323 Patienten mit insgesamt 7897 Zähnen. 2,7% dieses Patientenkollektives besaßen mindestens eine Wurzelfüllung, 1,5% zeigten eine negative Sensitivität auf und 0,7% hatten Anzeichen einer irreversiblen Pulpitis. Von den wurzelkanalbehandelten Zähnen konnten bei 61% der Fälle röntgenologisch Anzeichen einer apikalen Parodontitis diagnostiziert werden, nur 14% waren dabei in ihrer Länge und

Homogenität in adäquater Weise abgefüllt worden [198]. Klimek et al. beobachteten bei einer ähnlichen Untersuchung aber in den Jahren 1983 und zusätzlich 1991 bei 500 Patienten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Qualität der Wurzelbehandlung und dem apikalen Status. Etwa 50% der Füllungen wurden in beiden Jahrgängen als inhomogen eingestuft, allerdings hatten im ersten Jahr 35,8% der Füllungen eine Länge von 0-2mm vor dem Apex, 1991 waren es 46,6%. Der periapikal pathologische Status sank von 56,9% (1983) auf 45,8% (1991). Hier konnte also innerhalb von 8 Jahren eine Verbesserung der endodontischen Behandlung und des Erfolges konstatiert werden [122].

In einer vergleichbaren Studie von Schulte et al. konnte hingegen kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der adäquaten Länge der Wurzelkanalbehandlung zwischen zwei Untersuchungsjahren festgestellt werden (1983: 55,2%, 1992: 56,8%). Die Homogenität der Füllungen stellte sich jedoch mit 25,0% der Zähne im ersten Jahr als signifikant undichter als 1992 mit 21,9% dar. Insgesamt konnte kein relevanter Unterschied bezüglich der Prävalenz periapikaler Entzündungen zwischen 1983 und 1992 beobachtet werden [174]. In einer 2010 veröffentlichten Arbeit widmeten sich Heppeler und Hülsmann ebenfalls der Frage nach der Prävalenz von Wurzelkanalbehandlungen, apikaler Parodontitis und der endodontischen Versorgungsnotwendigkeit in der deutschen Bevölkerung. Hier wurden die Jahre 1994 und 2004 zur vergleichenden Analyse herangezogen und 200 Orthopantomogramme ausgewertet. 1994 waren 52,7% der Wurzelfüllungen zu kurz und 48,6% inhomogen, 2004 waren es analog dazu für die inadäquate Länge 50,8% und die Dichtigkeit 40,6%. Die Prävalenz apikaler Läsionen betreffend zeigte sich in den beiden Jahren keine signifikante Differenz. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass sowohl die Prävalenz apikaler Parodontitis, als auch die Notwendigkeit endodontischer Behandlungen innerhalb der Untersuchungsperiode gestiegen ist, die Qualität der Behandlung aber in diesen 10 Jahren nicht als merklich besser beurteilt werden konnte [86].

3. Gegenstandsbereich der Arbeit

Das Thema dieser epidemiologischen Querschnittstudie ist die Untersuchung der Qualität von Wurzelkanalbehandlungen der Jahre 2003 und 2011 anhand von Panoramaschichtaufnahmen. Es handelt sich dabei um eine retrospektiv deskriptive Auswertung von Röntgenbildern. Anhand klar festgelegter Parameter soll die Prävalenz und Qualität von Wurzelkanalbehandlungen und die Häufigkeit der apikalen Parodontitis statistisch eruiert werden. Insbesondere sollen Zusammenhänge verschiedener, die Erfolgsquote endodontischer Behandlungen beeinflussender Faktoren herausgearbeitet werden. Anhand einer vergleichenden Analyse der zwei Untersuchungsjahre gilt es der Frage nachzugehen, inwiefern der technische Fortschritt in der Zahnheilkunde zu einer Verbesserung der Behandlungsergebnisse führt. Indirekt sollen die Ergebnisse einen Einblick in eine mögliche Versorgungsnotwendigkeit endodontischer Behandlungen in einer deutschen Subpopulation wiedergeben.

Zudem sollen folgende Fragen im Laufe der Untersuchung geklärt werden:

1. Gibt es Verbesserungen in der Qualität der Wurzelkanalbehandlungen zwischen dem Patientenkollektiv der Jahre 2003 und 2011?
2. Ist trotz sich verbessernder technischer Verfahren in der Wurzelkanalbehandlung eine Zunahme der apikalen Parodontitis zwischen den zwei Untersuchungsjahren zu verzeichnen?
3. Hat sich die Qualität der koronalen Restaurationen soweit im Röntgenbild erkennbar zwischen den Untersuchungsjahren verändert?
4. Welche Parameter sind signifikant mit der Prävalenz der apikalen Parodontitis assoziiert?
5. Ist die Anzahl von Aufbereitungsfehlern rückläufig ?

4. Material und Methode

4.1 Patientenkollektiv

Das Untersuchungsmaterial bestand aus Panoramaschichtaufnahmen aus der Patientendatenbank der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München und umfasste die Jahre 2003 und 2011.

Im Jahr 2003 standen insgesamt 1484 Bilder zur Verfügung, 2011 waren es 1621.

Zunächst wurden alle nach Anfertigungsdatum sortierten Orthopantomogramme in die Datensammlung aufgenommen. Anschließend wurden im Rahmen der Befundung die Bilder nach folgenden zuvor festgelegten Ausschlusskriterien getrennt:

Die Auswahlkriterien für den Ausschluss von Patienten aus dem Patientenkollektiv waren:

- kein Milch- und Wechselgebiss
- zahnlose Kiefer
- unscharfe Aufnahmen und Bilder mit Artefakten
- Aufnahmen mit deutlicher Verschattung oder Aufhellung im Oberkiefer oder Unterkiefer
- Mehrfachanfertigungen von ein und demselben Patienten

Nach Selektion der OPGs anhand der genannten Ausschlusskriterien standen im Jahr 2003 noch 1357 und 2011 noch 1454 Bilder zur Verfügung.

4.2 Röntgeneinheit

Die Orthopantomogramme waren allesamt unter der Anleitung der diensthabenden Zahnärzte und der Aufsicht erfahrener zahnmedizinischer Fachangestellter durchgeführt worden.

Im Jahr 2003 wurden die Aufnahmen mit der digitalen Röntgeneinheit Orthophos Plus DS[®], 2011 mit dem Gerät Orthophos XG Plus DS Ceph[®], ebenfalls von Sirona[®], angefertigt. Die Röntgenröhrenspannung betrug 2003 62kV, 64kV, 71kV und 73kV. Die Stromstärke wurde auf 15mA und 16mA, bei einer Belichtungszeit von 16,1s

justiert. 2011 wurde die Spannung auf 62kV, 64kV, 69kV, 73kV bei einer Stromstärke von 8mA und 15mA eingestellt. Die Belichtungszeit betrug 14,1s. .

4.3 Kalibrierung durch den Begutachter und Analyse der Panoramaschichtaufnahmen

Um eine konstant gleichbleibende Qualität der Röntgenbefundung zu gewährleisten erfolgte vor Beginn der Auswertung der Orthopantomogramme die Kalibrierung des Begutachters durch einen jahrelang erfahrenen endodontologischen Spezialisten. 30 zufällig gewählte Orthopantomogramme wurden hierfür unabhängig voneinander untersucht und im Ergebnis verglichen, um eine hohe Übereinstimmung in der Auswertung zu realisieren. Es wurden die gleichen Kriterien wie in der Dokumentationsmaske, auf die später genau eingegangen wird, gewählt. Dieses Prozedere wurde sowohl für die Röntgenbilder der Jahre 2003, als auch für diejenigen von 2011 durchgeführt. Es erfolgte pro Untersuchungsjahr eine zweifache Wiederholung des Auswertungstests mit jeweils unterschiedlichen Bildern. Die Übereinstimmung der Ergebnisse des Untersuchers und des Spezialisten wurde anschließend mit dem Kappa-Cohen-Koeffizienten dargestellt. Die Übereinstimmung der Befundergebnisse lag für das Jahr 2003 bei einem Wert von $k=0,83$ und für 2011 bei $k=0,85$. Diese Werte stellen laut Landis und Koch eine fast vollständige Übereinstimmung dar [127].

Die Befundung der Orthopantomogramme erfolgte in einem abgedunkelten und ruhigen Raum der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie. Die Untersuchung der OPGs erfolgte an einem 22 Zoll großen geeichten Flachbildmonitor (LG Electronics Flatron® W2242PK). Um einer Ermüdung der Augen und eines Konzentrationsabfalls entgegenzuwirken, wurde nach jeder halben Stunde eine Pause von 5 Minuten und nach jeder ganzen Stunde eine Pause von 10 Minuten eingelegt. Es wurde bei Bedarf von den Einstellungsmöglichkeiten der Bearbeitungssoftware Sidexis XG® von Sirona® wie den Kontrastoptionen, Helligkeitsadaptationen, Bildfiltern, relativer Knochendichtemessung, der digitalen Lupe und der Invertierung zur positiven bzw. negativen Darstellung des Röntgenbildes Gebrauch gemacht.

Die für die Studie relevanten Informationen aus den OPGs wurden direkt in die dafür erstellte Datenbank eingefügt.

4.4 Die Parameter der Datenbank

Die Datenerfassung erfolgte mit einer eigens für diese Studie erstellten Eingabemaske (siehe Abbildung: 2) unter Zuhilfenahme des Datenbankenmanagementprogramms Microsoft® Access-Runtime 2007.

The screenshot shows a software window titled "Auswertung OPG 2003". The window has a header bar with the title and a small logo on the right. Below the header, there are several input fields for patient information: "Nr.", "Geburtsdatum", "Aufnahmedatum", "Geschlecht", and "Typ". There are also checkboxes for "Alter in Jahren", "Anzahl der Zähne mit apikaler Parodontitis", "Anzahl der Zähne", and "Anzahl der Zähne mit Wurzelfüllungen". A dropdown menu for "Ausschluss:" is also present. The main section is titled "Beurteilung der Wurzelfüllungen im OPG" and contains a table with columns: "Zahn", "Zahnart", "Dichtigkeit", "Länge", "PAI", "ungefüllte Kanäle", "Aufbereitungsfehler", "koronale Versorgung", "Qualität der koronalen Versorgung", and "Stift". Each column has a corresponding input field or dropdown menu.

Abbildung 2: Datenbankmaske zur Erfassung der Studienparameter

Die Datenerfassung gliedert sich dabei in einen allgemeinen Teil und einen die Wurzelfüllungen beurteilenden Abschnitt.

In den allgemeinen Teil wurden folgende Parameter aufgenommen:

- Patientennummer
- Geschlecht des Patienten
- Geburtsdatum
- Aufnahmedatum
- Typ des Röntgenbildes: Standardmäßig wurde hierfür XP für Orthopantomogramm eingesetzt.
- Alter des Patienten in Jahren

- Anzahl der auf dem Orthopantomogramm in vollem Maße durchgebrochenen Zähne inklusive der 3. Molaren
- Anzahl der Zähne mit Anzeichen einer apikalen Parodontitis
- Anzahl der Zähne mit Wurzelkanalfüllungen
- Ausschlusskriterien wie oben beschrieben
- Beurteilung der wurzelkanalgefüllten Zähne: Dabei ist zu beachten, dass der Zahn als Ganzes beurteilt wurde. Bei mehrwurzeligen Zähnen stand das qualitativ schlechteste Kriterium für die jeweilige Wurzel stellvertretend für alle Kanäle des Zahnes.
- Bezeichnung der Zahnart nach dem Zahnschema der Fédération Dentaire Internationale
- Bezeichnung des Zahnes in Worten ausgedrückt: Es wurden die lateinischen Termini 1.Inzisivus, 2.Inzisivus, Caninus, 1.Prämolar, 2. Prämolar, 1.Molar, 2.Molar, 3.Molar verwendet.
- Dichtigkeit der Wurzelkanalfüllung: Hier wurde zwischen dicht und homogen (Abbildung: 3), undicht bzw. inhomogen (Abbildung: 4) und nicht beurteilbar unterschieden. Die Dichtigkeit und Homogenität wurde anhand der ununterbrochenen bzw. unterbrochenen Radioopazität der Wurzelfüllung über die gesamte Länge des Wurzelkanals beurteilt.



Abbildung 3: Dichte und homogene
Wurzelfüllung des Zahnes 46



Abbildung 4: Undichte und inhomogene
Wurzelfüllung des Zahnes 46

- Länge der Wurzelfüllung: Es erfolgte eine Einteilung in 3 Schritten. Flush (Abbildung: 5) entspricht einer am röntgenologischen Apex endenden Füllung. Die Option long (Abbildung: 6) wurde für eine über den Apex ragende und short (Abbildung: 7) für eine mehr als 1mm zu kurze Wurzelkanalfüllung gewählt. Da aus den OPGs, aufgrund fehlender

Referenzwerte keine genauen metrischen Angaben über die Länge der Wurzelfüllung gemacht werden konnten, sind dies Annäherungs- und Erfahrungswerte. Zudem konnte die Möglichkeit der Nichtbeurteilbarkeit in die Datenmaske eingegeben werden.



Abbildung 5: Die Wurzelfüllung des Zahnes 46 ist flush



Abbildung 6: Die Wurzelfüllung des Zahnes 35 ist long



Abbildung 7: Die Wurzelfüllung des Zahnes 45 ist short

- Periapikaler Index (PAI) nach Orstavik: Hierbei handelt es sich um einen 1986 entwickelten Index, der pathomorphologische Veränderungen in 5 Grade unterteilt. Diese stehen jeweils für 5 beispielhafte, radiologisch dargestellte Veränderungen des Periapex anhand von Referenzbildern. Grad 1 repräsentiert normale periapikale Strukturen, Grad 2 steht für geringe Veränderungen knöcherner Strukturen. Grad 3 bezeichnet Veränderungen knöcherner Strukturen mit sichtbarem Mineralienverlust, Grad 4 steht für eine gut definierte radioluzente Struktur und Grad 5 wird als eine ausgeprägte apikale Parodontitis mit ausbreitender Tendenz

angesehen [146]. Abbildung 8 zeigt die dargestellten apikalen Veränderungen nach der Graduierung des PAI:

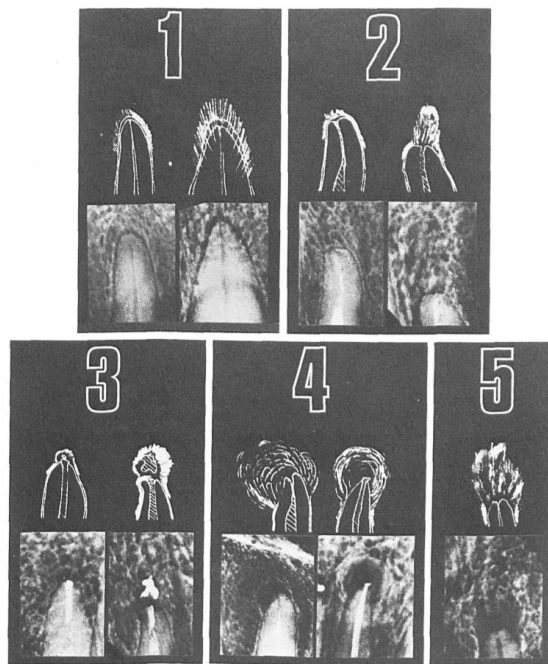


Abbildung 8: Illustration der fünf Grade des PAI nach Orstavik [146]

In Fällen mangelhafter Darstellung wurde der Parameter der Nichtbeurteilbarkeit als Option eingeführt.

- Ungefüllte Kanäle: Es wurde eine Ja-Nein-Entscheidung getroffen (Abbildung: 9). Nur im obersten Drittel der jeweiligen Wurzeln gefüllte Kanäle wurden ebenfalls als ungefüllt klassifiziert.



Abbildung 9: Ungefüllte Wurzel des Zahnes 36

- Aufbereitungsfehler wurden in 4 Kategorien unterteilt: Nein steht für keine Aufbereitungsfehler und ein weiterer Punkt für die Nichtbeurteilbarkeit. Zudem stehen Instrumentenfraktur (Abbildung: 10) und Perforation zur

Auswahl. Als perforiert wurden auch Zähne eingestuft, die einen Durchbruch der äußeren Dentinwand durch eine Wurzelstiftversorgung erkennen ließen (Abbildung: 11) Als „strip“ bzw. „ledge“ werden Aufbereitungsfehler bezeichnet, die eine Kante auf der Innenseite beziehungsweise eine Ausdünnung der Dentinwände des Wurzelkanales nach außen bilden.



Abbildung 10: Instrumentenfraktur in der mesialen Wurzel des Zahnes 36

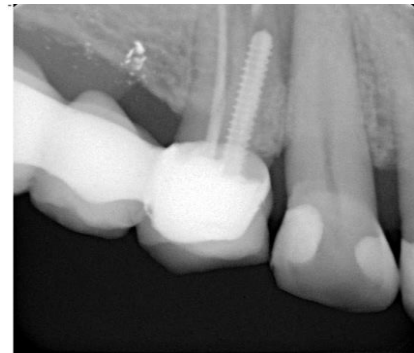


Abbildung 11: Perforation am Zahn 14

- Koronale Versorgung: Es erfolgte eine Unterteilung in Füllung, Krone, Brückenanker, Teleskop, nicht beurteilbar und unversorgt.
- Qualität der koronalen Versorgung: gut (Abbildung: 12), schlecht (Abbildung: 13) und nicht beurteilbar. Als schlecht wurden Restauration angesehen, die eine deutliche Randundichtigkeit erkennen ließen.



Abbildung 12: gute Restauration an Zahn 26



Abbildung 13: schlechte Restauration an Zahn 26

- Stiftversorgung: Ja (Abbildung 14), nein und nicht beurteilbar.

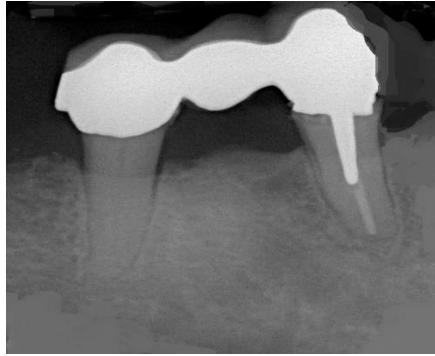


Abbildung 14: gegossener Stift an Zahn 43

Anbei soll anhand eines Orthopantomogrammes analog zur Systematik der Datenbank beispielhaft ein zahnspezifischer Befund vorgenommen werden (Abbildung: 15).



Abbildung 15: Orthopantomogramm

Anzahl der Zähne: 32

Anzahl der Zähne mit apikaler Parodontitis: 2

Anzahl der Zähne mit Wurzelfüllungen: 4

Ausschluss: Nein

Beurteilung der Wurzelfüllungen:

1. Zahn: 26; Zahnart: 1.Molar; Dichtigkeit: dicht und homogen; Länge: flush; PAI: 1; ungefüllte Kanäle: nein; Aufbereitungsfehler: nein; koronale Versorgung: Füllung; Qualität der koronalen Versorgung: schlecht; Stift: nein

2. Zahn: 27; Zahnart: 2. Molar; Dichtigkeit: undicht und inhomogen; Länge: flush; PAI: 1; ungefüllte Kanäle: nein; Aufbereitungsfehler: nein; koronale Versorgung; Füllung; Qualität der koronalen Versorgung: gut; Stift: nein
3. Zahn: 36; Zahnart: 1. Molar; Dichtigkeit: undicht und inhomogen; Länge: short; PAI: 3; ungefüllte Kanäle: nein; Aufbereitungsfehler: „strip“ bzw. „ledge“; koronale Versorgung; Füllung; Qualität der koronalen Versorgung: gut; Stift: nein
4. Zahn: 47; Zahnart: 2. Molar; Dichtigkeit: dicht und homogen; Länge: short; PAI: 4; ungefüllte Kanäle: nein; Aufbereitungsfehler: nein; koronale Versorgung; Füllung; Qualität der koronalen Versorgung: schlecht; Stift: nein

4.5 Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Untersuchung um eine epidemiologische Querschnittstudie. Es wurden Panoramaschichtaufnahmen der Jahre 2003 und 2011 aus der Datenbank der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München befundet, statistisch ausgewertet und die Ergebnisse deskriptiv formuliert. Das Studienkonzept erlaubt Aussagen über die Prävalenz der apikalen Parodontitis und der Qualität von Wurzelkanalbehandlungen in einer deutschen Subpopulation zu treffen. Hypothetische Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsparametern lassen sich hieraus erarbeiten.

4.6 Statistische Auswertung

Die Informationen zu den Röntgenbildern wurden zuerst gesondert für das Jahr 2003 und 2011 bearbeitet. Zur Anonymisierung der Patienteninformationen wurden die Datensätze für das Jahr 2003 mit fortlaufenden Nummern von 1 bis 1484 und für das Jahr 2011 von 1 bis 1621 versehen. Die Auswertung der Datensätze und deren Aufarbeitung erfolgte anhand des Statistikprogrammes IBM SPSS Statistics® 20.0 (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp).

Die Ergebnisse wurden in einen patientenbezogenen- und einen zahnbezogenen Abschnitt unterteilt. Es wurden vorerst Häufigkeitstabellen und Diagramme für beide Jahre angefertigt und anschließend vergleichende, deskriptive Analysen anhand der relativen Verteilungen durchgeführt. Diese sollten die Ergebnisse der zwei Untersuchungsjahre gegenüberstellen. Zusätzlich wurden zur Ermittlung des Einflusses bestimmter Variablen auf den periapikalen Status logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Hierfür wurde das Konfidenzintervall (CI) und das Chancenverhältnis (OR) errechnet. Zur Ermittlung der Signifikanzen wurde Pearsons Chi-Quadrat-Test und Fishers Exact Test angewandt und der Signifikanzwert p berechnet. Das Signifikanzniveau für die Nullhypothese wurde bei 5% festgelegt. Als statistisch signifikant wurden somit Werte bezeichnet, die mindestens $p \leq 0,05$ waren.

4.7 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche erfolgte mit Hilfe der Internetdatenbank „PubMed“ anhand der Stichwortsuche und erweiterten Suchfunktion. Die Basisliteratur wurde durch Eingabe folgender Begriffe und Begriffkombinationen gefunden: „root canal treatment“, „prevalence of apical periodontitis“, „quality of endodontic treatment“, „endodontic epidemiology“, „periapical status“. Durch entsprechende Literaturverzeichnisse und Verweise auf weiterführende Literatur der Artikel wurde die Recherche ausgedehnt. Das Literaturverzeichnis und die Quellenangaben wurden mit dem Literaturvewaltungsprogramm Endnote X4.0.2 (1988-2010, Thomson Reuters Endnote®) archiviert.

5. Ergebnisse

Die Befunde der Orthopantomogramme wurden für das Jahr 2003 und 2011 erfasst und verglichen. Die Untersuchungskriterien wurden für beide Jahrgänge analog verwendet. Es wurden demographische und dentale Kriterien des Patientenkollektivs der Ludwig-Maximilians-Universität-München aufgenommen. Der Fokus lag auf der quantitativen und qualitativen Analyse der endodontologisch behandelten Zähne und des apikalen Status.

5.1 Allgemeine Befunde zum Patientenkollektiv

Zu den allgemeinen Befunden der Analyse zählen die Ausschlusskriterien und patientenbezogene Informationen wie demographische Daten, der Zahnstatus, die Anzahl der Wurzelfüllungen und die Häufigkeit der apikalen Parodontitis.

5.1.1 Ausschlusskriterien

Für das Jahr 2003 wurden 1484 Orthopantomogramme untersucht, von denen 127 (8,56 %) Bilder aufgrund der in Abbildung 16 dargestellten Kriterien ausgeschlossen wurden. Der Hauptanteil der ausgeschlossenen Bilder waren 71,65 % (n=91) Milch- und Wechselgebisse, gefolgt von 23,62% (n=30) Mehrfachanfertigungen im Zuge von Verlaufskontrollen. Mit jeweils 2,36% (n=3) an ausgeschlossenen Orthopantomogrammen waren verschwommene und zahnlose Abbildungen vertreten. 2011 wurden 1621 Röntgenbilder untersucht. 167 (10,30 %) Orthopantomogramme wurden aus der Studie ausgeschlossen. Darunter waren 42,51% (n=71) Milch- und Wechselgebisse, gefolgt von Mehrfachanfertigungen mit einem Anteil von 37,72% (n=63), 14,37% (n=24) zahnlose Kiefer und 5,39% (n=9) verschwommene OPGs.

Nach gründlicher Selektion anhand der Ausschlusskriterien wurden 2003 dann 1357 und 2011 schließlich 1454 Bilder in die Analyse aufgenommen.

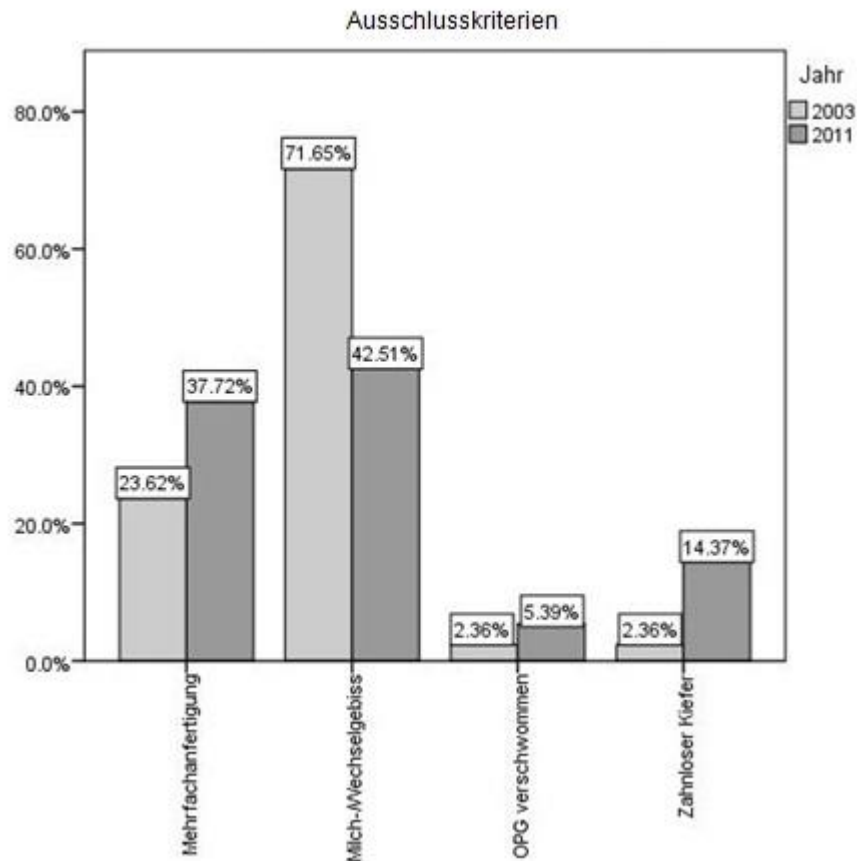


Abbildung 16: Ausschlusskriterien nach prozentualem Anteil und Jahren

5.1.2 Patientenverteilung hinsichtlich des Alters und Geschlechts

Die Altersverteilung des Patientenkollektivs der jeweiligen Jahre wurde nach Altersklassen im Zehnjahreszyklus untergliedert. Ausgenommen von dieser Skalierung ist die jüngste Gruppe mit 14 bis 19. Tabelle 1 beschreibt die Altersverteilung der Patienten nach Untersuchungsjahren und Geschlecht. 2003 betrug das Durchschnittsalter 47,21 Jahre, 2011 lag es bei 53,65 Jahre. Die Studienpopulation bestand im ersten Jahr zu 48,4 % (n= 657) aus weiblichen und zu 51,6 % (n= 700) aus männlichen Teilnehmern. 2011 war die Verteilung mit 48,5 % (n= 705) weiblichen und 51,5 % (n= 749) männlichen Patienten ähnlich ausgeglichen.

Altersklasse	weiblich		männlich		Gesamt	
	2003	2011	2003	2011	2003	2011
14-19	12	13	25	12	37	25
20-29	103	45	87	72	190	117
30-39	107	80	145	105	252	185
40-49	119	95	131	127	250	222
50-59	131	155	139	135	270	290
60-69	130	174	123	167	253	341
70-79	43	116	42	112	85	228
80-89	10	26	8	17	18	43
90-99	2	1	0	2	2	3
Total	657	705	700	749	1357	1454

Tabelle 1: Anzahl der untersuchten Patienten sortiert nach Altersklassen und Geschlecht

Abbildung 17 verdeutlicht die Patientenverteilungen hinsichtlich Altersstruktur in graphischer Form. 2003 war die Altersklasse von 50 bis 59 am stärksten vertreten (19,94 %). 2011 wurden 60 bis 69 jährige Patienten am häufigsten erfasst (23,45 %). Am schwächsten vertreten waren in beiden Untersuchungsjahren Patienten der Altersklassen 14 bis 19 und 90 bis 99.

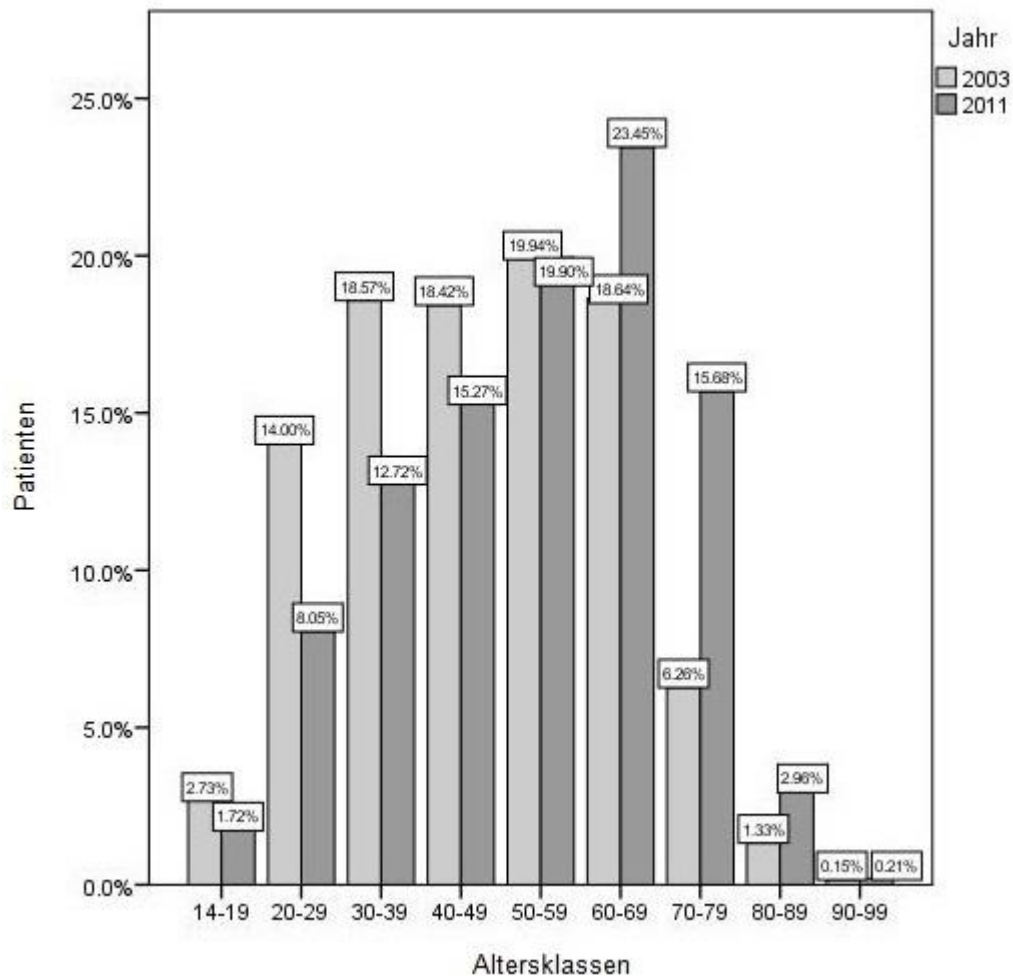


Abbildung 17: Altersverteilung der Patientenzahl nach Altersklassen

5.1.3 Anzahl der Zähne

Die Einteilung zur Summe der untersuchten Zähne erfolgte ebenfalls nach Altersklassen in Dekaden. Tabelle 2 stellt die Anzahl der Zähne nach Altersklassen und Geschlecht sortiert dar. 2003 wurden insgesamt 32857 Zähne gezählt, 2011 waren es 33403. Der Anteil an Zähnen weiblicher Patienten war sowohl im Jahr 2003 mit 48,37% als auch 2011 mit 47,27% geringer als beim männlichen Kollektiv. Wie aus Tabelle 3 zu entnehmen ist, hatte 2003 im Durchschnitt ein weiblicher Patient 23,4 Zähne, 2011 waren es 20,6 Zähne. Bei den Männern hatte 2003 im Mittel das Gebiss 20,6 Zähne und im zweiten Untersuchungszeitraum 23,1 Zähne. Festzuhalten ist, dass die Anzahl der Zähne pro Patient unabhängig vom Untersuchungszeitraum mit steigendem Alter sinkt (Abbildung 18).

Altersklasse	weiblich		männlich		Gesamt	
	2003	2011	2003	2011	2003	2011
14-19	347	327	743	358	1090	730
20-29	2954	1297	2537	2100	5491	3397
30-39	2944	2126	3995	2854	6939	4980
40-49	2983	2334	3232	3226	6215	5560
50-59	2981	3496	3084	2992	6065	6488
60-69	2757	3615	2578	3457	5335	7072
70-79	676	2152	690	2312	1366	4464
80-89	212	396	105	284	317	680
90-99	39	3	0	29	39	32
Total	15893	15791	16964	17612	32857	33403

Tabelle 2 : Anzahl der untersuchten Zähne sortiert nach Altersklassen und Geschlecht

Altersklasse	weiblich		männlich		Gesamt	
	2003	2011	2003	2011	2003	2011
14-19	28,9	25,2	29,7	29,8	29,3	27,5
20-29	28,7	28,8	29,2	29,7	29,0	29,3
30-39	27,5	26,6	27,6	27,2	27,6	27,0
40-49	25,1	24,6	24,7	25,4	25,0	25,0
50-59	22,8	22,6	22,9	22,2	22,9	22,4
60-69	21,2	20,8	21,1	20,7	21,2	20,8
70-79	15,7	18,6	16,4	20,6	16,1	17,4
80-89	21,2	15,2	13,1	16,7	17,2	16,0
90-99	19,5	3,0	0	14,5	9,8	8,75
Total	23,4	20,6	20,6	23,1	22,0	21,9

Tabelle 3: Durchschnittliche Anzahl der Zähne pro Patient, Altersklasse und Geschlecht

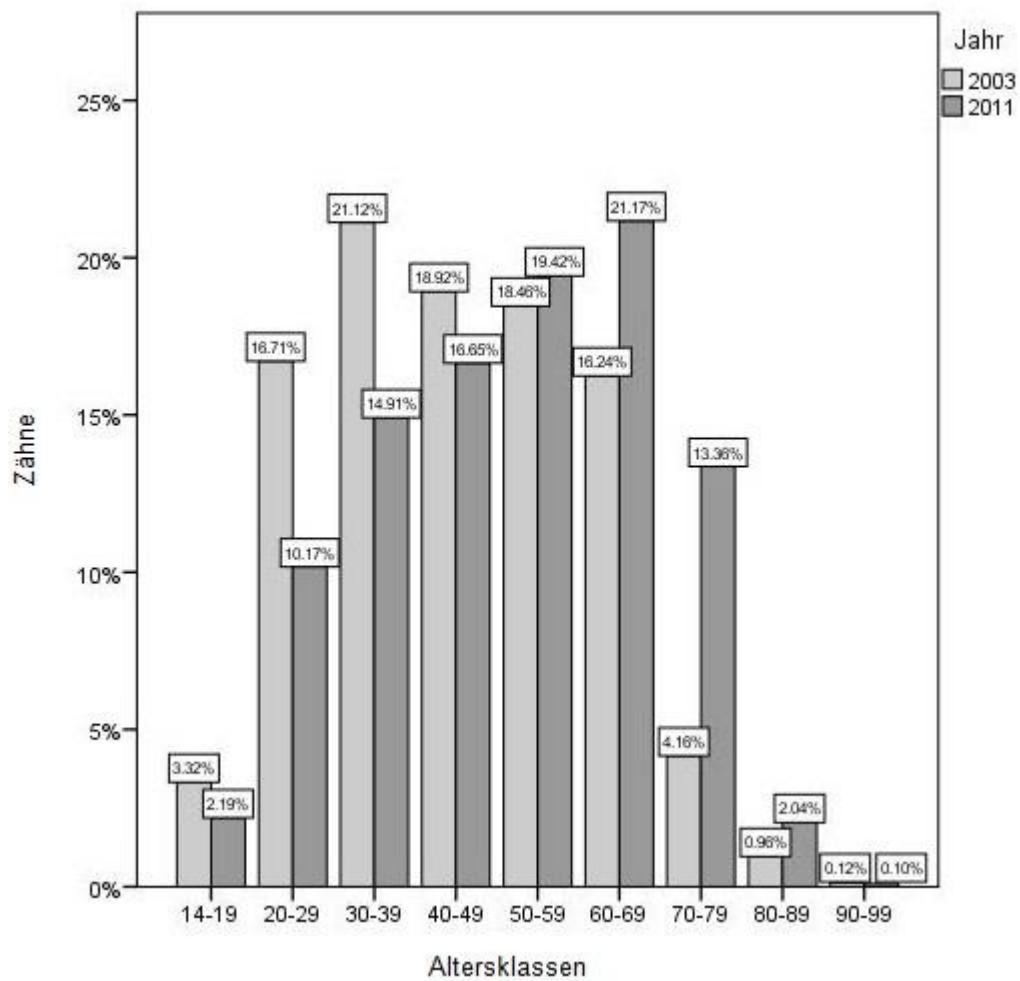


Abbildung 18: Verteilung der Zähne sortiert nach Altersklassen

5.1.4 Patientenkollektiv im Hinblick auf Wurzelkanalfüllungen

Im Jahr 2003 wurden 776 Patienten mit insgesamt 2057 Wurzelfüllungen in diese Studie aufgenommen. 2011 waren es 961 Patienten mit 2656 Wurzelkanalfüllungen. Gemessen an der Anzahl aller untersuchten Zähne stellt dies einen Anstieg von 27,00 % zwischen beiden Untersuchungsjahren dar (2003: 6,26%, 2011: 7,95 %). In beiden Jahren war sowohl die Anzahl der männlichen Patienten als auch deren Anzahl an Wurzelfüllungen geringer als bei der weiblichen Population. 2011 waren in Relation zu 2003 9,78 % weniger männliche Patienten in der Studie als weibliche, der Anteil der Wurzelfüllungen sank dabei im Verhältnis zu den weiblichen Patienten mit Wurzelfüllung um 9,10 %.

Tabelle 4 zeigt die Geschlechterverteilung bezüglich Patientenzahl und Wurzelfüllungen innerhalb der Untersuchungsjahre auf.

Geschlecht	Patienten mit Wurzelkanalfüllung		Anzahl der Wurzelfüllungen	
	2003	2011	2003	2011
männlich	348 (44,85%)	478 (49,74 %)	877 (42,63 %)	1253 (47,18 %)
weiblich	428 (55,15 %)	483 (50,26 %)	1180 (57,37%)	1403 (52,82 %)
Total	776 (100,0 %)	961 (100,0 %)	2057 (100,0%)	2656 (100,0%)

Tabelle 4: Anzahl der Patienten und Zähne mit mindestens einer Wurzelfüllung

In beiden Untersuchungsjahren war das Vorkommen von Wurzelfüllungen pro Patient nicht gleichmäßig verteilt. Im Durchschnitt waren 2003 1,52 Wurzelfüllungen pro Patient zu verzeichnen (Standardabweichung: 1,905), das Maximum lag bei 12 und war in der Gruppe der 60 bis 69 jährigen zu finden (Standardabweichung: 2,249, Mittelwert: 2,15, Anzahl: 545). 2011 war der Mittelwert mit 1,83 (Standardabweichung 2,128) wurzelbehandelter Zähne pro Patient um 16,94 % höher als 2003. Der Maximalwert lag bei 16 und war bei Patienten zwischen 40 und 49 Jahren zu finden (Standardabweichung: 2,627, Mittelwert: 2,40). In den Tabellen 5 und 6 sind die einzelnen Werte für die jeweiligen Altersklassen für 2003 und 2011 zu finden.

Altersklasse	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard- abweichung	Anteil
14-19	0	3	0,00	0,24	0,641	0,43%
20-29	0	8	0,00	0,77	1,357	7,10%
30-39	0	10	1,00	1,38	1,789	16,97%
40-49	0	11	1,00	1,50	1,939	18,23%
50-59	0	8	1,00	1,61	1,740	21,10%
60-69	0	12	1,00	2,15	2,249	26,49%
70-79	0	8	1,00	1,75	1,927	7,24%
80-89	0	9	2,00	2,67	2,544	2,33%
90-99	0	1	1,00	1,00	0,000	0,10%
Total	0	12	1,00	1,52	1,905	100%

Tabelle 5: Anteil der Wurzelfüllungen nach Altersklassen und durchschnittliche Anzahl der Zähne mit Wurzelfüllung pro Patient im Jahr 2003

Altersklasse	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standard- abweichung	Anteil
13-19	0	4	0,00	0,32	0,945	0,30%
20-29	0	5	0,00	0,62	1,065	2,75%
30-39	0	11	1,00	1,50	1,962	10,47%
40-49	0	16	2,00	2,40	2,627	20,03%
50-59	0	13	1,00	1,89	1,991	20,67%
60-69	0	14	1,00	2,04	2,221	26,17%
70-79	0	9	1,50	1,94	1,957	16,64%
80-89	0	10	1,00	1,79	1,946	2,90%
90-99	0	1	1,00	0,67	0,577	0,08%
Total	0	16	1,00	1,83	2,128	100%

Tabelle 6: Anteil der Wurzelfüllungen nach Altersklassen und durchschnittliche Anzahl der Zähne mit Wurzelfüllung pro Patient im Jahr 2011

5.1.5 Patientenkollektiv im Hinblick auf apikale Parodontitis

PAI Grade von 1 und 2 wurden nach Orstavik als gesund eingestuft, Zähne mit einem Grad 3, 4 und 5 sind im Folgenden mit einer apikalen Parodontitis assoziiert. Es wurden hierbei auch Zähne ohne Wurzelfüllung gezählt. 2003 wiesen von 1357 Patienten 49,96 % eine apikale Parodontitis auf, im zweiten Untersuchungszeitraum waren es 54,26 % von 1454. Dies stellt einen Anstieg um 8,61% dar. Gemessen an allen gezählten Zähnen waren es 2003 4,01 % und 2011 5,05 %, die einen periapikalen Index von mindestens 3 oder größer aufwiesen.

Männliche Patienten waren in beiden Jahren häufiger von apikaler Parodontitis betroffen und hatten mehr Zähne mit röntgenologischen Anzeichen einer Wurzelspitzenentzündung (2003: $p=0,060$; 2011: $p=0,022$).

Das Vorkommen von apikaler Parodontitis war in beiden Untersuchungsjahren nicht gleichmäßig verteilt.

Geschlecht	Patienten mit AP		Zähne mit AP	
	2003	2011	2003	2011
männlich	346 (51,03 %)	417 (52,85 %)	721 (54,75 %)	924 (54,74 %)
weiblich	332 (48,97 %)	372 (47,15 %)	596 (45,25 %)	764 (45,26 %)
Total	678 (100,0 %)	789 (100,0 %)	1317 (100,0 %)	1688 (100,0 %)

Tabelle 7: Anzahl der Patienten und Zähne mit apikaler Parodontitis

Die Häufigkeitsverteilung der apikalen Parodontitiden zeigt für die Jahre 2003 und 2011 einen ähnlichen Verlauf (Abbildung 19). 2003 hatten 50,0 % und 2011 45,7 % der Patienten keinen Zahn mit apikaler Parodontitis. In beiden Untersuchungsjahren lag der Anteil an Patienten mit drei oder mehr apikalen Parodontitiden bei unter 10 % (2003: 5,9%, 2011: 8,5%).

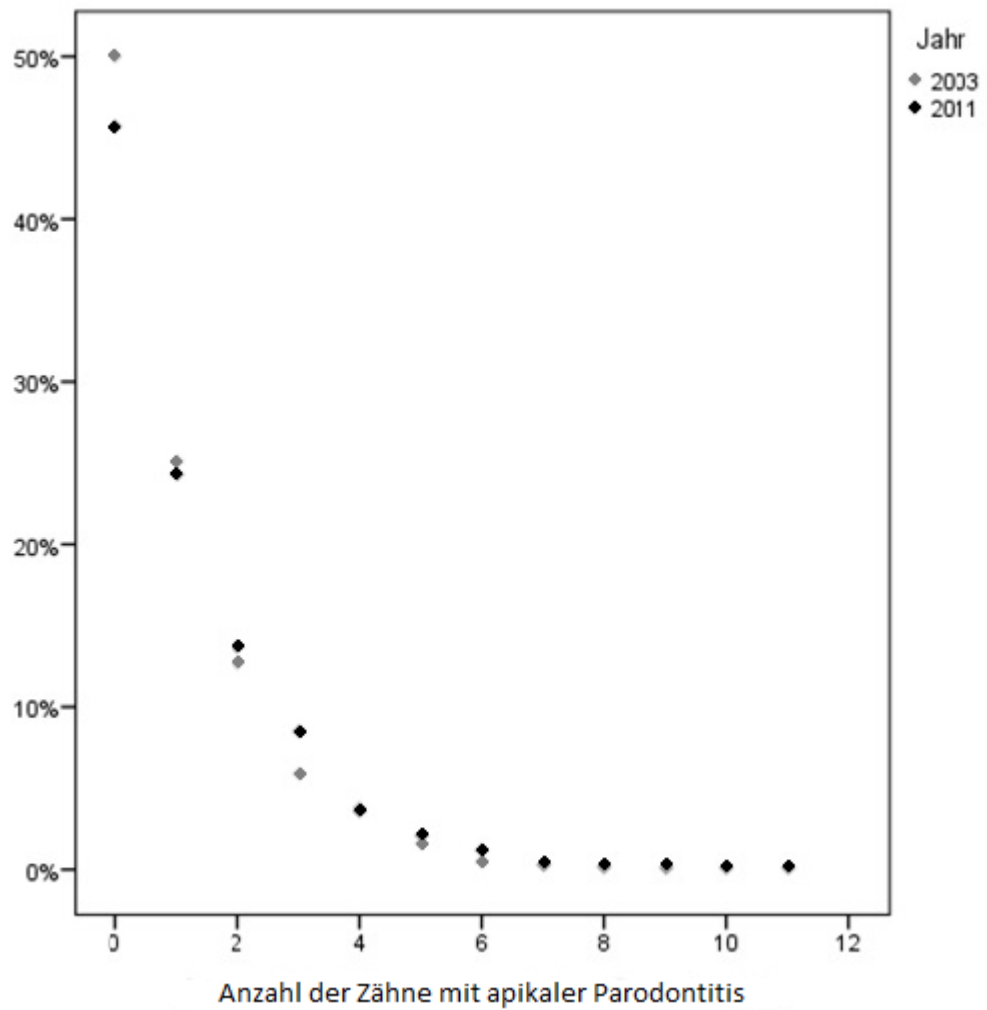


Abbildung 19: Verteilung der Zähne mit apikaler Parodontitis
Innerhalb des Patientenkollektivs in den Jahren 2003 und 2011

Abbildung 20 und 21 stellen den Anteil apikaler Parodontitiden nach Altersklassen und Geschlecht schematisch dar. In beiden Jahren waren männliche Patienten insgesamt häufiger von apikaler Parodontitis betroffen als weibliche. Der Anteil erkrankter Zähne von über 10% lag 2003 und 2011 in den Altersklassen zwischen 30 und 70 Jahren.

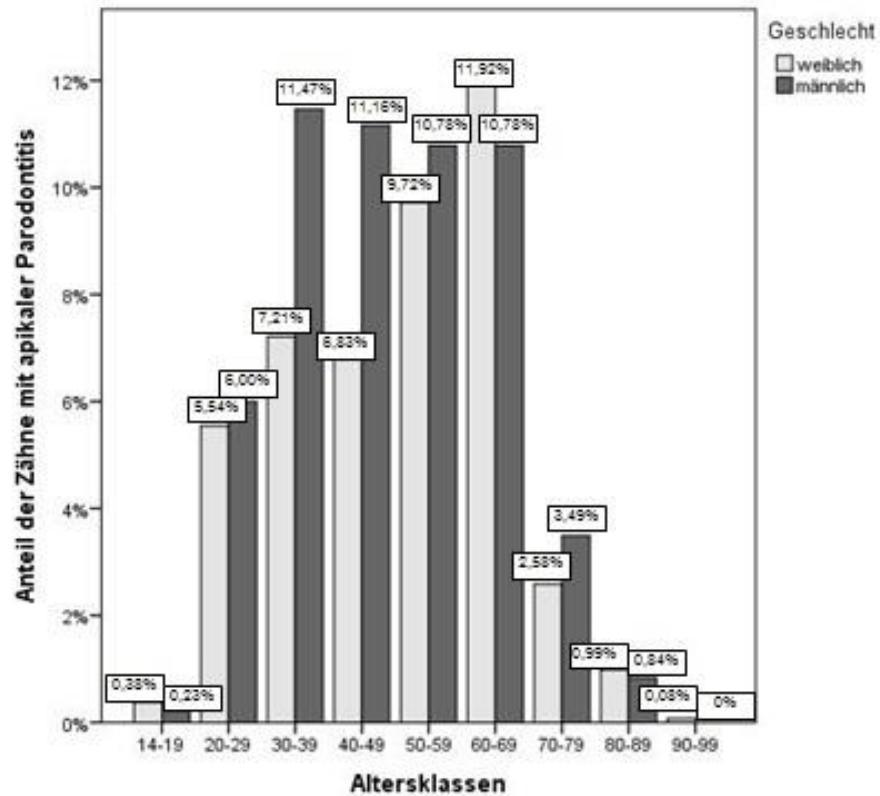


Abbildung 20: Anteil der Zähne mit apikaler Parodontitis sortiert nach Altersklassen und Geschlecht im Jahr 2003

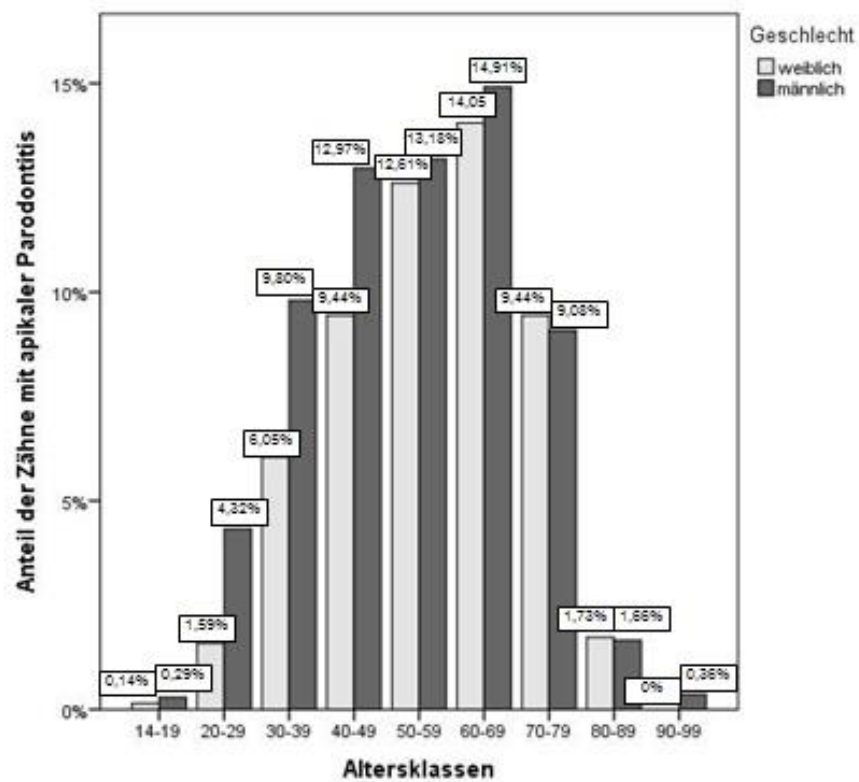


Abbildung 21: Anteil der Zähne mit apikaler Parodontitis sortiert nach Altersklassen und Geschlecht im Jahr 2011

5.2 Befunde zu den untersuchten Zähnen

5.2.1 Beurteilung der Zähne mit Wurzelkanalfüllung anhand der Zahnart, der Dichtigkeit und der Länge

Abbildung 22 stellt die Anzahl der Wurzelkanalfüllungen nach Zahngruppen, Lokalisation und Untersuchungsjahr dar. Auffällig ist, dass im Oberkiefer unabhängig von den Untersuchungsjahren mehr Zähne mit Wurzelfüllungen gezählt wurden als im Unterkiefer. 2003 waren 78,78% und 2011 noch 55,10% mehr Wurzelfüllungen in der Maxilla als in der Mandibula festgestellt worden. Die Zahngruppen betreffend war die Anzahl nicht gleichmäßig verteilt sondern gegengerichtet. Im Oberkiefer waren die meisten Wurzelfüllungen in beiden Untersuchungsjahren in der Front zu verzeichnen (2003: 25,09 %, n= 516; 2011: 25,41 %, n= 675), Im Unterkiefer hatte die Molarenregion die höchste Prävalenz (2003: 15,31 %, n= 315; 2011: 17,73 %, n= 471). Im Unterkiefer waren hingegen in beiden Untersuchungsjahren die Frontzähne am seltensten mit einer Wurzelkanalfüllung versehen (2003: 5,64 %, n= 116; 2011: 5,84 %, n= 155) im Oberkiefer hatten die Molaren den geringsten Anteil (2003: 18,52 %, n= 381; 2011: 15,44%, n= 410).

Im Oberkiefer waren 2003 schließlich 20,52% (n= 422) und 2011 noch 19,95% (n= 530) der Prämolaren wurzelgefüllt, im Unterkiefer im ersten Untersuchungsjahr 14,92% (n= 307) und im zweiten 15,63% (n= 415). Die Ergebnisse zur Häufigkeitsverteilung nach Zahngruppen zwischen den Untersuchungsjahren waren für die Oberkiefermolaren ($p= 0,003$) und die Unterkiefermolaren signifikant ($p= 0,015$).

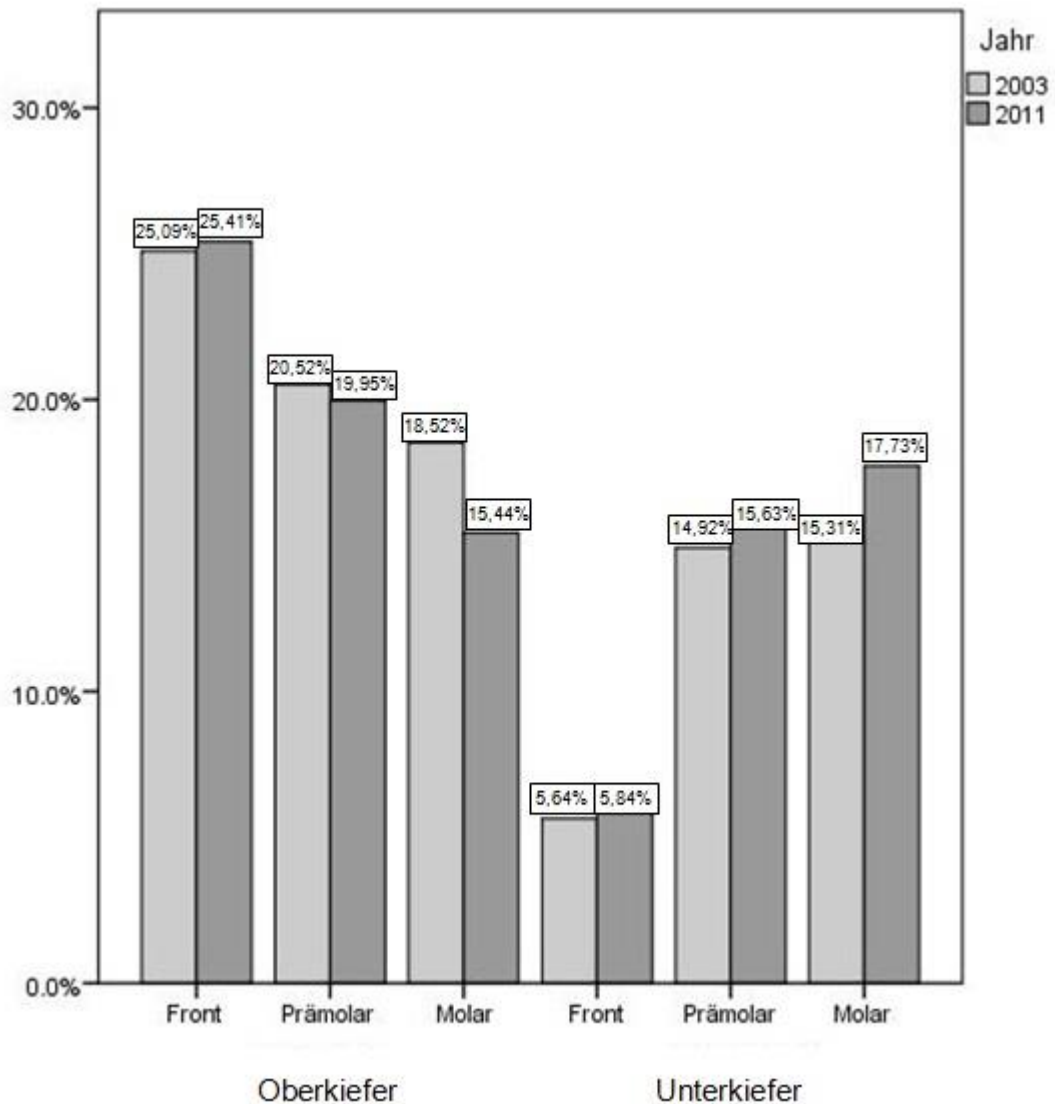


Abbildung 22: Häufigkeitsverteilung der Wurzelfüllungen nach Zahngruppen sortiert

Die Informationen zur Dichtigkeit der Wurzelfüllungen sind in Diagramm 23 und 24 schematisch dargestellt. Die Dichte und Homogenität der Wurzelkanalfüllungen war in beiden Untersuchungsjahren nur in sehr seltenen Fällen nicht beurteilbar (2003: 0,44%, 2011: 0,11 %). Die restlichen Wurzelkanalfüllungen wiesen in der Dichte und Homogenität zwischen 2003 und 2011 deutliche Unterschiede auf. Im ersten Jahr waren 36,36% (n= 748) aller Wurzelfüllungen dicht und homogen, 2011 waren es 61,11 % (n= 1623). Dies stellt eine Verbesserung von 68,07 % dar (p= 0,000). Analog dazu waren 2003 62,97 % mehr undichte und inhomogene Wurzelfüllungen gezählt worden als im zweiten Untersuchungsjahr (p= 0,000).

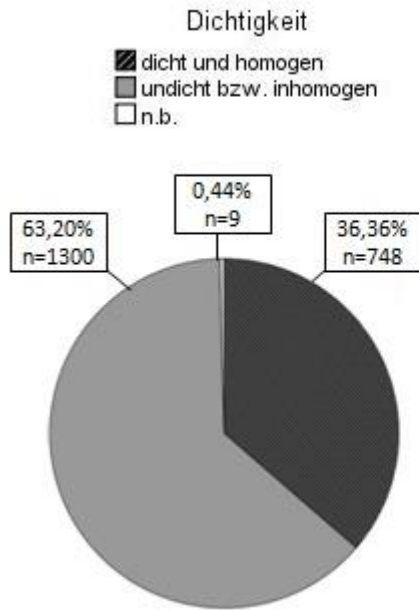


Abbildung 23: Dichtigkeit der Wurzelfüllungen 2003

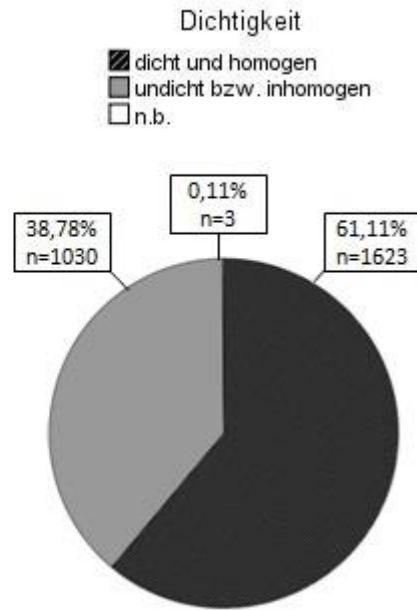


Abbildung 24: Dichtigkeit der Wurzelfüllungen 2011

Die Werte der Längenkriterien flush, long, short und nicht beurteilbar sind in den jeweiligen Sektoren der Kreisdiagramme 25 und 26 dargestellt. Die höchsten Werte finden sich in beiden Jahren im Sektor short. 2003 wurden 60,06 % (n= 1230) aller Wurzelfüllungen als zu kurz befundet, 2011 waren es mit 55,57 % (n= 1476) um 8,08% weniger ($p= 0,002$). Den zweitgrößten Bereich bildeten am Apex bündig abschließende Wurzelfüllungen. 2011 ist diesbezüglich im Gegensatz zu 2003 eine Verbesserung um 17,35% zu verzeichnen ($p= 0,000$). Zu lange Wurzelfüllungen wurden hingegen im zweiten Untersuchungsjahr um 88,11% häufiger diagnostiziert als im Jahr 2003 ($p= 0,000$). Nicht beurteilbare Längen wurden 2003 in 4,93% (n= 101) und 2011 in 1,62% (n= 43) der Fälle gezählt.

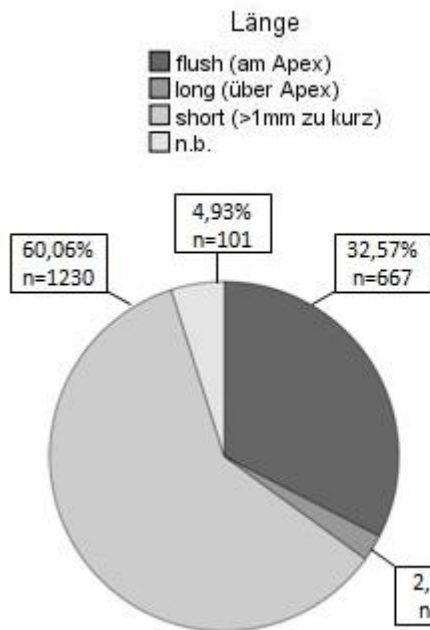


Abbildung 25: Länge der Wurzelfüllungen 2003

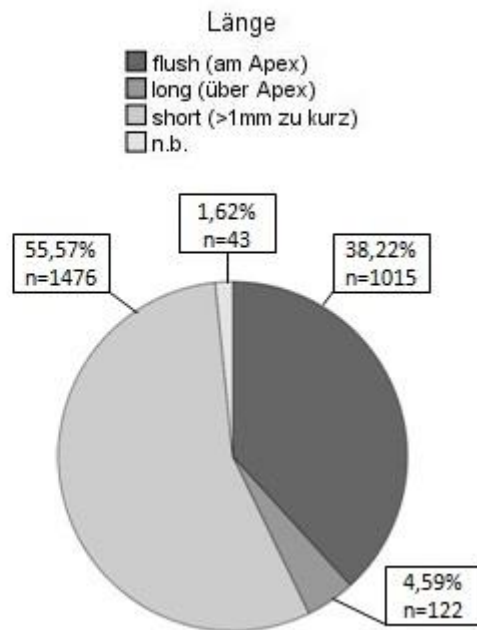


Abbildung 26: Länge der Wurzelfüllungen 2011

5.2.2 Beurteilung des periapikalen Status der wurzelkanalbehandelten Zähne

Weit über die Hälfte der wurzelkanalbehandelten Zähne hatte in beiden Untersuchungszeiträumen einen PAI von 1 oder 2 und wurde somit röntgenologisch als gesund eingestuft. 2003 waren 70,15% (n= 1443) und 2011 74,29 % (n= 1973) ohne apikale Pathologie (p= 0,001). Einen periapikalen Index von 3 bis 5 hatten 2003 26,84% (n= 552), 2011 lag der Anteil kranker Zähne bei 24,96% (n= 663). Die Prävalenz der apikalen Parodontitis ist somit 2011 um 7,53% gesunken (p=0,077). 2011 lag gegenüber 2003 der Anteil des periapikalen Grades 1 um 2,13% höher, der Grad 2 um 25,31% höher (p= 0,002), der Grad 3 um 3,32% höher, der Grad 4 um 29,93% geringer und der Grad 5 um 2,97% geringer. Ausgeschlossen aufgrund von eingeschränkter Beurteilbarkeit wurde 2003 ein Anteil von 3,01% (n= 62), 2011 waren es 0,75% (n= 20) der Zähne. Die prozentualen und absoluten Werte für die Verteilungen finden sich für das Jahr 2003 in Abbildung 27 und für 2011 in Abbildung 28.

Abbildung 29 und 30 stellen den Anteil der gesunden Zähne mit Wurzelfüllung (PAI 1 und 2) und der Zähne mit apikaler Parodontitis (PAI 3,4 und 5) für 2003 und 2011 schematisch dar.

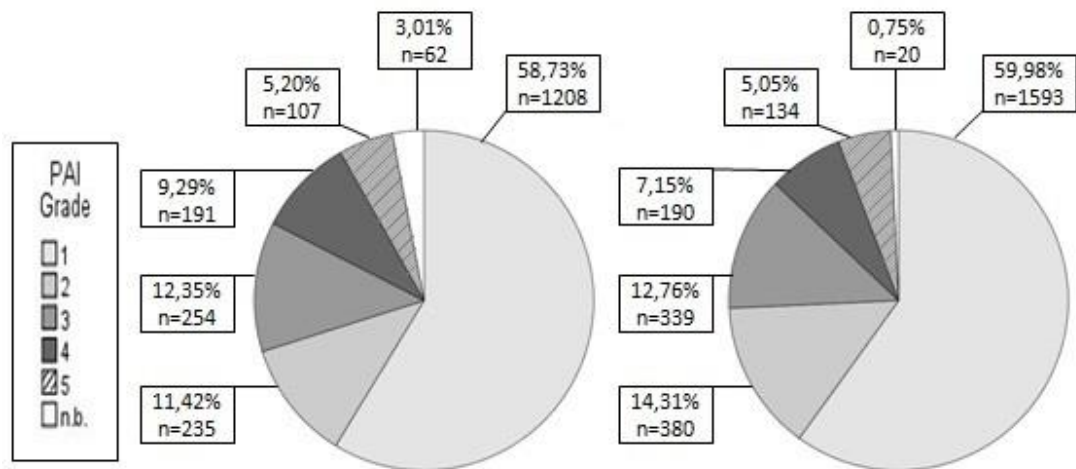


Abbildung 27: Anteil der PAI Grade 1-5 am Patientenkollektiv 2003

Abbildung 28: Anteil der PAI Grade 1-5 am Patientenkollektiv 2011

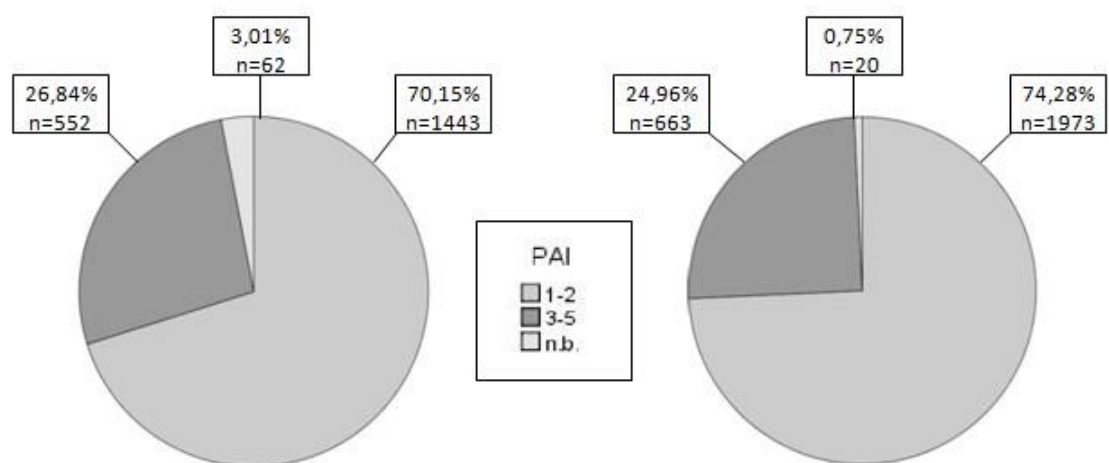


Abbildung 29: Anteil der PAI Grade 1-2 und 3-5 am Patientenkollektiv 2003

Abbildung 30: Anteil der PAI Grade 1-2 und 3-5 am Patientenkollektiv 2011

Bei der Betrachtung des periapikalen Status in Bezug auf die einzelnen Zahngruppen wurzelkanalbehandelter Zähne (Tabelle 10 und 11) sind Parallelen zwischen beiden Untersuchungsjahren erkennbar. Einen PAI von 1 hatten 2003 und 2011 am häufigsten die Oberkiefer Frontzähne (2003: 26,82%, 2011: 26,30%), einen Wert von 2 ebenfalls am meisten die Oberkieferfrontzähne (2003: 25,53%, 2011: 30,26%). Der Grad 3 war

in beiden Jahren am häufigsten an den Oberkiefermolaren zu finden (2003: 24,02%, 2011: 24,78%), der Grad 4 an Unterkiefermolaren (2003: 26,18%, 2011: 29,47%) und der Grad 5 ebenfalls an Unterkiefermolaren (2003: 28,97%, 2011: 35,07%).

Die Betrachtung des periapikalen Status hinsichtlich Oberkiefer und Unterkiefer lieferte in beiden Untersuchungsjahren ein einheitliches Bild. So waren 2003 im Oberkiefer 65,89% der Zähne mit einem PAI von 1 und 65,95 % mit einem PAI von 2 zu finden und somit gesund. 2011 waren es im Oberkiefer 60,57%, die einen PAI von 1 aufwiesen und 67,89% mit einem PAI von 2. Die Verteilung der Zahngruppen in Bezug auf die Prävalenz der apikalen Parodontitis war in beiden Untersuchungsjahren signifikant (2003: $p=0,000$, 2011: $p=0,000$).

Zahn- gruppen	PAI Score						Total
	1	2	3	4	5	n.b.	
OK Front	324 26,82%	60 25,53%	40 15,75%	38 19,90%	14 13,08%	40 64,52%	516 25,09%
OK Prämolar	264 21,85%	40 17,02%	52 20,47%	30 15,71%	20 18,69%	16 25,81%	422 20,52%
OK Molar	208 17,22%	55 23,40%	61 24,02%	37 19,37%	17 15,89%	3 4,84%	381 18,52%
UK Front	71 5,88%	13 5,53%	6 2,36%	12 6,28%	11 10,28%	3 4,84%	116 5,64%
UK Prämolar	196 16,23%	35 14,90%	38 14,96%	24 12,57%	14 13,08%	0 0,00%	307 14,92%
UK Molar	145 12,00%	32 13,62%	57 22,44%	50 26,18%	31 28,97%	0 0,00%	315 15,31%
Total	1208 100%	235 100%	254 100%	191 100%	107 100%	62 100%	2057 100%

Tabelle 10: PAI sortiert nach Zahngruppen 2003

Zahn- gruppen	PAI Score						Total
	1	2	3	4	5	n.b.	
OK Front	419 26.30%	115 30.26%	73 21.53%	37 19.47%	23 17.16%	8 40.00%	675 25.41%
OK Prämolar	333 20.90%	91 23.95%	60 17.70%	25 13.16%	13 9.70%	8 40.00%	530 19.95%
OK Molar	213 13.37%	52 13.68%	84 24.78%	40 21.05%	19 14.18%	2 10.00%	410 15.44%
UK Front	89 5.59%	29 7.63%	15 4.42%	11 5.79%	10 7.46%	1 5.00%	155 5.84%
UK Prämolar	294 18.46%	45 11.84%	33 9.73%	21 11.06%	22 16.42%	0 0.00%	415 15.63%
UK Molar	245 15.38%	48 12.63%	74 21.83%	56 29.47%	47 35.07%	1 5.00%	471 17.73%
Total	1593 100%	380 100%	339 100%	190 100%	134 100%	20 100%	2656 100%

Tabelle 11: PAI sortiert nach Zahngruppen 2011

5.2.3 Häufigkeit und Art von Aufbereitungsfehlern

Die Anzahl von Aufbereitungsfehlern war in beiden Untersuchungsjahren gering. 2003 hatten 97,47 % (n= 2005) und 2011 98,27 % (n= 2610) der wurzelkanalgefüllten Zähne keine Aufbereitungsfehler. Der Anteil an Instrumentenfrakturen, Perforationen und einem „strip“ bzw. „ledge“ lag 2003 insgesamt bei 2,04 % (n= 42) und 2011 bei 1,69 % (n= 45). Ungefüllte Kanäle fanden sich im ersten Untersuchungsjahr bei 8,22 % (n= 169), 2011 waren es 5,20 % (n= 138). 2003 und 2011 war der Anteil an Aufbereitungsfehlern im Oberkiefer etwas höher als im Unterkiefer. Im ersten Jahr waren es 59,52% (n= 25), 2011 lag der Wert bei 51,11% (n= 23). Die Anzahl der Aufbereitungsfehler für die jeweiligen Zahngruppen kann den Tabellen 12 und 13 entnommen werden. Die Signifikanzberechnung nach Pearsons Chi-Quadrat Test war in beiden Studienjahren aufgrund der geringen Anzahl von unter 5 % nicht möglich.

Aufbereitungsfehler	Zahngruppen					
	Ok			Uk		
	Front	Prämolar	Molar	Front	Prämolar	Molar
Instrumentenfraktur	2 (0,39%)	1 (0,24)	3 (0,79%)	1 (0,86%)	0 (0%)	2 (0,63%)
Nicht beurteilbar	2 (0,39%)	2 (0,47%)	6 (1,57%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Kein Aufbereitungsfehler	505 (97,87%)	412 (97,63%)	367 (96,33%)	113 (97,41%)	302 (98,37%)	306 (97,14%)
Perforation	0 (0%)	1 (0,24%)	1 (0,26%)	1 (0,86%)	2 (0,65%)	3 (0,95%)
Strip bzw. Ledge	7 (1,36%)	6 (1,42%)	4 (1,05%)	1 (0,86%)	3 (0,98%)	4 (1,27%)
Total	516 (100%)	422 (100%)	381 (100%)	116 (100%)	307 (100%)	315 (100%)

Tabelle 12: Aufbereitungsfehler sortiert nach Zahngruppen 2003

Aufbereitungsfehler	Zahngruppen					
	Ok			Uk		
	Front	Prämolar	Molar	Front	Prämolar	Molar
Instrumentenfraktur	2 (0,30%)	1 (0,19%)	4 (0,98%)	0 (0%)	2 (0,48%)	1 (0,21%)
Nicht beurteilbar	0 (0%)	1 (0,19%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Kein Aufbereitungsfehler	666 (98,67%)	521 (98,30%)	404 (98,54%)	153 (98,71%)	409 (98,55%)	457 (97,03%)
Perforation	2 (0,30%)	1 (0,19%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0,24%)	9 (1,91%)
Strip bzw. Ledge	5 (0,74%)	6 (1,13%)	2 (0,49%)	2 (1,29%)	3 (0,72%)	4 (0,85%)
Total	675 (100%)	530 (100%)	410 (100%)	155 (100%)	415 (100%)	471 (100%)

Tabelle 13: Aufbereitungsfehler sortiert nach Zahngruppen 2011

5.2.4 Art und Qualität koronaler Versorgungen

Abbildung 31 stellt die Anzahl der unterschiedlichen koronalen Restaurationen für beide Untersuchungszeiträume graphisch dar. 2003 waren 94,07 % (n= 1935) und 2011 95,82% (n= 2545) der wurzelgefüllten Zähne mit Restaurationen versorgt. Den Hauptanteil nehmen sowohl 2003 mit 48,86 % (n= 1005) als auch 2011 mit 58,58% (n= 1556) Kronen auf wurzelkanalgefüllten Zähnen ein ($p=0,000$). Am seltensten waren Teleskope auf Wurzelfüllungen verankert. 2003 lag der Anteil bei 3,01 % (n= 62) und 2011 bei 2,86% (n= 76) ($p= 0,411$).

Brückenanker wurden in beiden Untersuchungsjahren ähnlich häufig festgestellt (2003: 20,42%, 2011: 20,59%) ($p=0,455$), Füllungen waren 2011 seltener vorhanden als 2003 (2003: 21,78%, 2011: 13,78%) ($p=0,000$).

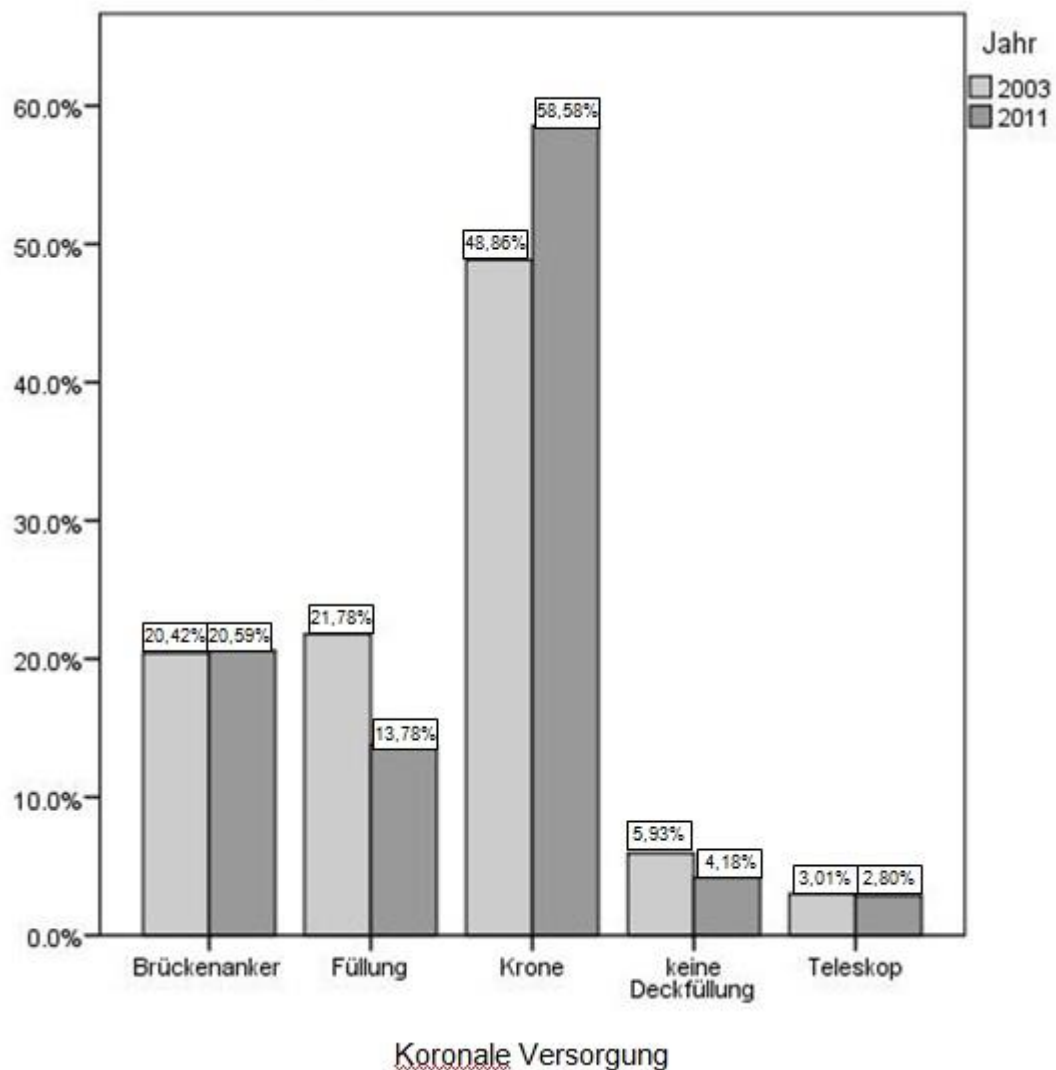


Abbildung 31: Anzahl der verschiedenen Restaurationen auf wurzelgefüllten Zähne

Betrachtet man die Qualität der koronalen Versorgungen (Abbildung 32 und 33) für beide Jahre, so fallen Unterschiede auf. Der Hauptanteil der Restaurationen wurde in beiden Jahren insgesamt mit gut beurteilt. Es waren demnach röntgenologisch keine Randundichtigkeiten erkennbar. 2003 wurden 56,78% (n= 1168) der Restaurationen als gut eingestuft, 2011 waren es mit 70,44% (n= 1871) fast zwei Drittel. Dies stellt eine Verbesserung um 24,06 % dar. Der Anteil nicht beurteilbarer koronaler Restaurationen war gering und lag 2003 mit 5,44% (n= 112) deutlich höher als 2011 (0,79%, n= 21). Schlechte Restaurationen waren in beiden Jahren in einem Drittel der Fälle zu finden.

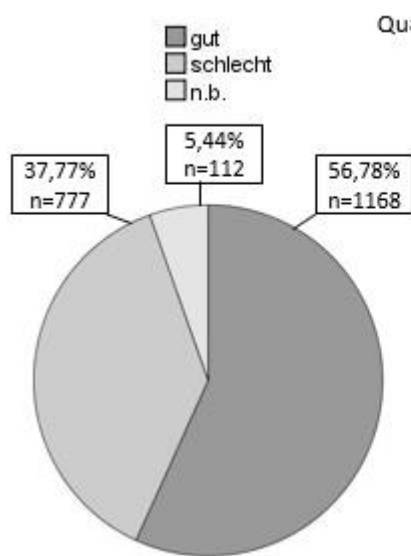


Abbildung 32: Qualität der Restaurationen auf wurzelgefüllten Zähnen 2003

Qualität der koronalen Versorgung

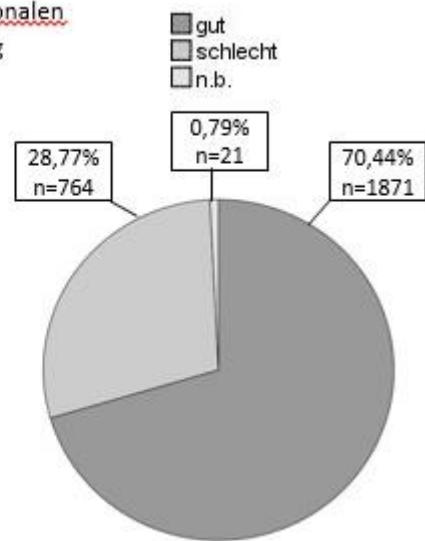


Abbildung 33: Qualität der Restaurationen auf wurzelgefüllten Zähnen 2011

5.2.5 Wurzelstiftversorgungen im Patientenkollektiv

2003 wurden etwa ein Drittel (34,56%, n= 711) der wurzelkanalbehandelten Zähne mit einem Wurzelstift versorgt (Abbildung 34). Im zweiten Untersuchungsjahr wurden 27,07 % (n= 719) der Zähne mit Stiften gezählt (Abbildung 35).

Insgesamt ist die Zahl der Wurzelstiftversorgungen von 2003 auf 2011 um 27,67% gesunken.

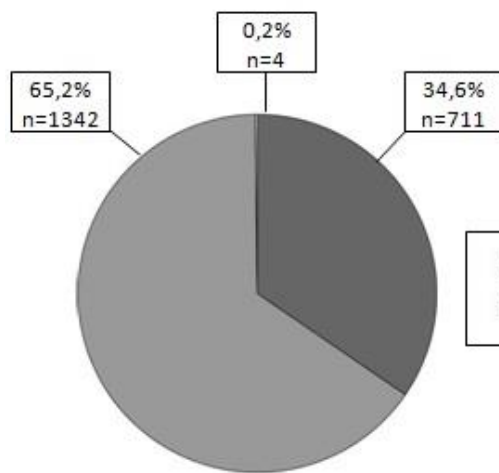


Abbildung 34: Anzahl und Art der Stiftversorgungen 2003

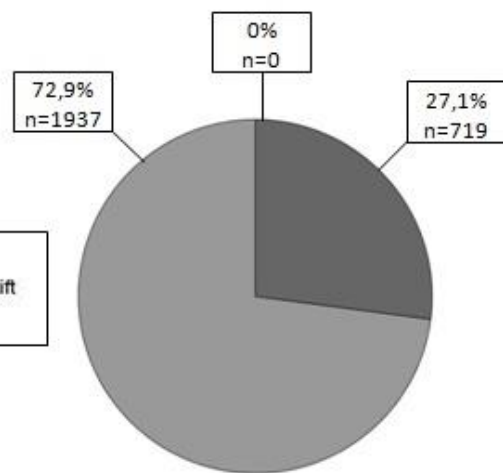


Abbildung 35: Anzahl und Art der Stiftversorgungen 2011

5.2.6 Apikale Parodontitis im Zusammenhang mit der Qualität der Wurzelfüllung

Im Folgenden wird die Prävalenz der apikalen Parodontitis und ihre Korrelation zu bestimmten qualitativen Merkmalen der Wurzelfüllung eruiert. Zu diesen zählen die Dichtigkeit und Homogenität, die Länge und das Vorhandensein von Aufbereitungsfehlern.

Abbildung 36 stellt die zwei Untersuchungsjahre nach Anzahl der dichten und homogenen beziehungsweise undichten und inhomogenen Wurzelfüllungen und deren periapikalen Index gegenüber. Es ist zu erkennen, dass sowohl bei den dichten und homogenen als auch undichten und inhomogenen Wurzelfüllungen in beiden Untersuchungsjahren der überwiegende Anteil der Zähne gesund war, also einen PAI von 1 oder 2 hatte. 2003 wiesen 77,99 % (n= 574) der Zähne mit dichten Wurzelfüllungen keine Anzeichen einer apikalen Parodontitis auf. Undichte Wurzelfüllungen resultierten in 68,98% (n= 865) der Fälle in gesunden Zähnen.

2011 ist ein ähnlicher Trend zu verzeichnen. 79,98 % (n= 1278) der homogen und dicht gefüllten Zähne waren gesund und 20,72 % (n= 334) krank. Undichtigkeiten und Inhomogenität führten in 67,81% (n= 693) der Fälle zu gesunden und in 32,19% (n= 329) zu kranken Zähnen.

Insgesamt hatten in beiden Untersuchungsjahren dichte und homogene Wurzelfüllungen eine höhere Prävalenz an gesunden Zähnen als undichte und inhomogene (2003: p= 0,000, 2011:p= 0,000).

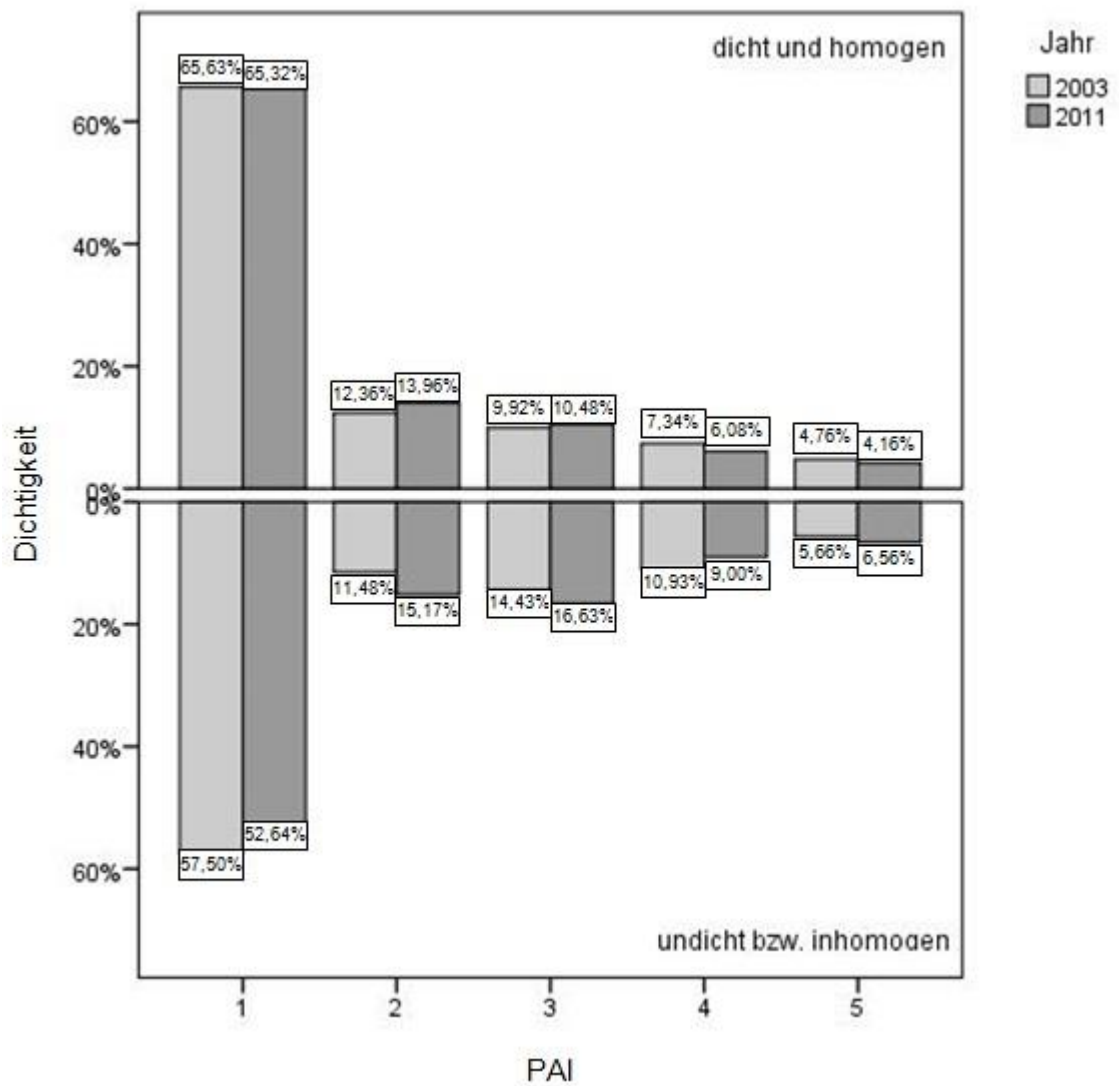


Abbildung 36: Grad des PAI in Bezug auf Dichtigkeit der Wurzelfüllungen

Die Länge der Wurzelfüllung und ihr Zusammenhang zum Grad der apikalen Parodontitis ist in Abbildung 37 schematisch dargestellt. Im Jahr 2003 hatten 78,04 % (n= 512) der Zähne mit apikal abschließender Wurzelkanalfüllung, 50,00% (n= 24) mit zu langer Füllung und 70,72 % (n= 855) mit zu kurzer Kompaktion einen PAI von 1 oder 2 und wurden somit als gesund zusammengefasst.

2011 unterschied sich das Verhältnis der einzelnen Längenparameter zum apikalen Status deutlicher. Gesund waren 83,83 % (n= 855) der Zähne mit einer als flush eingestuften Wurzelfüllung, 63,93 % (n= 78) waren zu lang abgefüllt aber trotzdem gesund. Apikal unauffällige Zähne mit zu kurzer Füllung hatten einen Anteil von 70,11 % (n= 1030).

Es zeigt sich, dass unabhängig vom Untersuchungsjahr eine überstopfte Wurzelfüllung den geringsten Anteil gesunder Zähne aufweist, gefolgt von zu kurzen Kompaktionen. Der größte Anteil gesunder Zähne wurde mit bündig abschließenden Wurzelkanalfüllungen festgestellt. Die Ergebnisse waren für beide Studienzeiträume signifikant (2003: $p=0,000$, 2011: $p=0,000$).

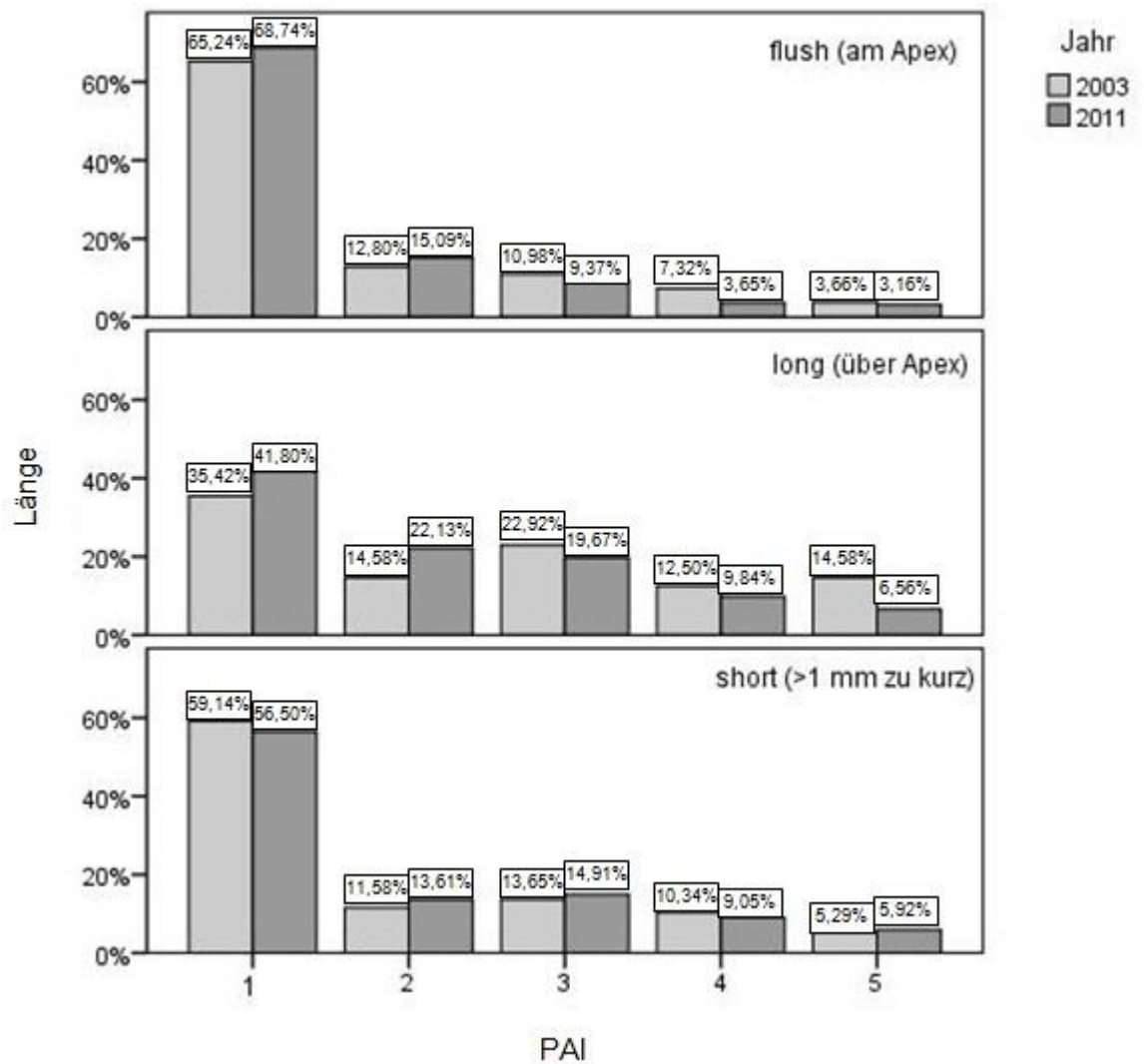


Abbildung 37: Vorkommen von apikaler Parodontitis in Bezug auf die Länge der Wurzelfüllungen

Bei der Analyse des Einflusses von Aufbereitungsfehlern auf die Prävalenz der apikalen Parodontitis zwischen den Untersuchungsjahren sind Unterschiede feststellbar.

2003 hatten unter den Zähnen ohne apikale Aufhellung 2,08% ($n=30$) Aufbereitungsfehler, 2011 waren es mit 1,06% ($n=21$) annähernd die Hälfte. Bei den erkrankten

Zähnen wiesen 2003 2,00% (n= 11) der Zähne Aufbereitungsfehler auf. Im folgenden Untersuchungsjahr waren es 3,32% (n= 22).

2011 war die Assoziation von Aufbereitungsfehlern mit apikaler Parodontitis fast dreimal so hoch wie im ersten Untersuchungsjahr. Die Ergebnisse sind aufgrund der geringen Prävalenz von Aufbereitungsfehlern von unter 5 % nicht auf ihre Signifikanz zu berechnen.

Zähne mit Anzeichen einer Perforation durch Instrumentierung oder Wurzelstifte hatten in beiden Jahren die höchste Rate an erkrankten Zähnen (2003: 50,00%, 2011: 76,92%).

Den größten Anteil an gesunden Zähnen bildeten sowohl 2003 als auch 2011 wurzelkanalbehandelte Zähne ohne Aufbereitungsfehler (2003: 70,12%, 2011: 74,79%). Die Werte der einzelnen Kriterien für Aufbereitungsfehler und ihr Zusammenhang zu apikaler Parodontitis sind aus Tabelle 14 und 15 zu entnehmen. Eine Signifikanzberechnung ist aufgrund des zu geringen Anteils von unter 5% nicht möglich.

Aufbereitungsfehler	apikale Parodontitis			Total
	Nein	Ja	n.b	
Instrumentenfraktur	6 (0,42%)	3 (0,54%)	0 (0%)	9 (0,44%)
nicht beurteilbar	7 (0,49%)	1 (0,18%)	2 (3,23%)	10 (0,49%)
kein Aufbereitungsfehler	1406 (97,44%)	540 (97,83%)	59 (95,16%)	2005 (97,47%)
Perforation	4 (0,28%)	4 (0,72%)	0 (0%)	8 (0,39%)
Strip bzw. Ledge	20 (1,39%)	4 (0,72%)	1 (1,6%)	25 (1,22%)
Total	1443 (100%)	552 (100%)	62 (100%)	2057 (100%)

Tabelle 14: Apikale Parodontitis und Aufbereitungsfehler 2003

Aufbereitungsfehler	apikale Parodontitis			Total
	Nein	Ja	n.b	
Instrumentenfraktur	4 (0,20%)	6 (0,90%)	0 (0%)	10 (0,38%)
nicht beurteilbar	0 (0%)	0 (0%)	1 (5,00%)	1 (0,04%)
kein Aufbereitungsfehler	1952 (98,94%)	641 (96,68%)	17 (85,00%)	2610 (98,27%)
Perforation	3 (0,15%)	10 (1,51%)	0 (0%)	13 (0,49%)
Strip bzw. Ledge	14 (0,71%)	6 (0,90%)	2 (10,00%)	22 (0,83%)
Total	1973 (100%)	663 (100%)	20 (100%)	2656 (100%)

Tabelle 15: Apikale Parodontitis und Aufbereitungsfehler 2011

5.2.7 Apikale Parodontitis im Zusammenhang mit der Art und Qualität der koronalen Versorgung

Untersucht wurden Zusammenhänge zwischen der Art und der Qualität der koronalen Restauration und zusätzlich dem Einfluss von Wurzelstiftversorgungen auf den apikalen Status. Im Folgenden wird der Einfluss der unterschiedlichen koronalen Versorgungen auf den apikalen Status der wurzelgefüllten Zähne beschrieben.

Abbildung 38 beinhaltet die fünf Untersuchungsparameter in Korrelation zu den PAI Graden 1 bis 5 nach jeweiligem Untersuchungsjahr sortiert.

PAI Werte von 1 und 2 hatten 2003 75,28% (n= 329) bei Versorgungen mit Füllungen, 73,33% (n= 44) bei Teleskopen, 72,28% (n= 292) bei Versorgungen mit Brückenankern, 71,93% (n=702) bei Kronen, 64,40% (n= 76) bei keiner Deckfüllung. Zähne ohne Deckfüllung waren also mit 35,60% (n= 42) deutlich am häufigsten an apikaler Parodontitis erkrankt, den geringsten Wert erkrankter Zähne hatten Füllungen mit 24,72% (n= 108). Insgesamt sind die Unterschiede zwischen Versorgungen mit Brücken, Füllungen, Kronen und Teleskopen und dem Vorkommen von apikaler

Parodontitis ausgeglichen. Es bestand nach Pearsons Chi-Quadrat Test keine Signifikanz für die Ergebnisse ($p=0,614$).

2011 sind unterschiedliche Tendenzen zu beobachten. Gesund im Sinne eines PAI von 1 und 2 waren 85,13 % ($n=63$) der Zähne mit Teleskopen, 79,89% ($n=290$) mit Füllungen, 75,74% ($n=412$) mit Brücken, 74,24% ($n=1147$) mit Kronen und 55,45% ($n=61$) ohne Deckfüllung. Die meisten erkrankten Zähne waren demnach mit 44,55% ($n=92$) bei wurzelkanalbehandelten Zähnen ohne Deckfüllung zu finden, den geringsten Anteil hatten mit 14,87% ($n=11$) Zähne mit Teleskopen. Die Resultate waren signifikant ($p=0,032$).

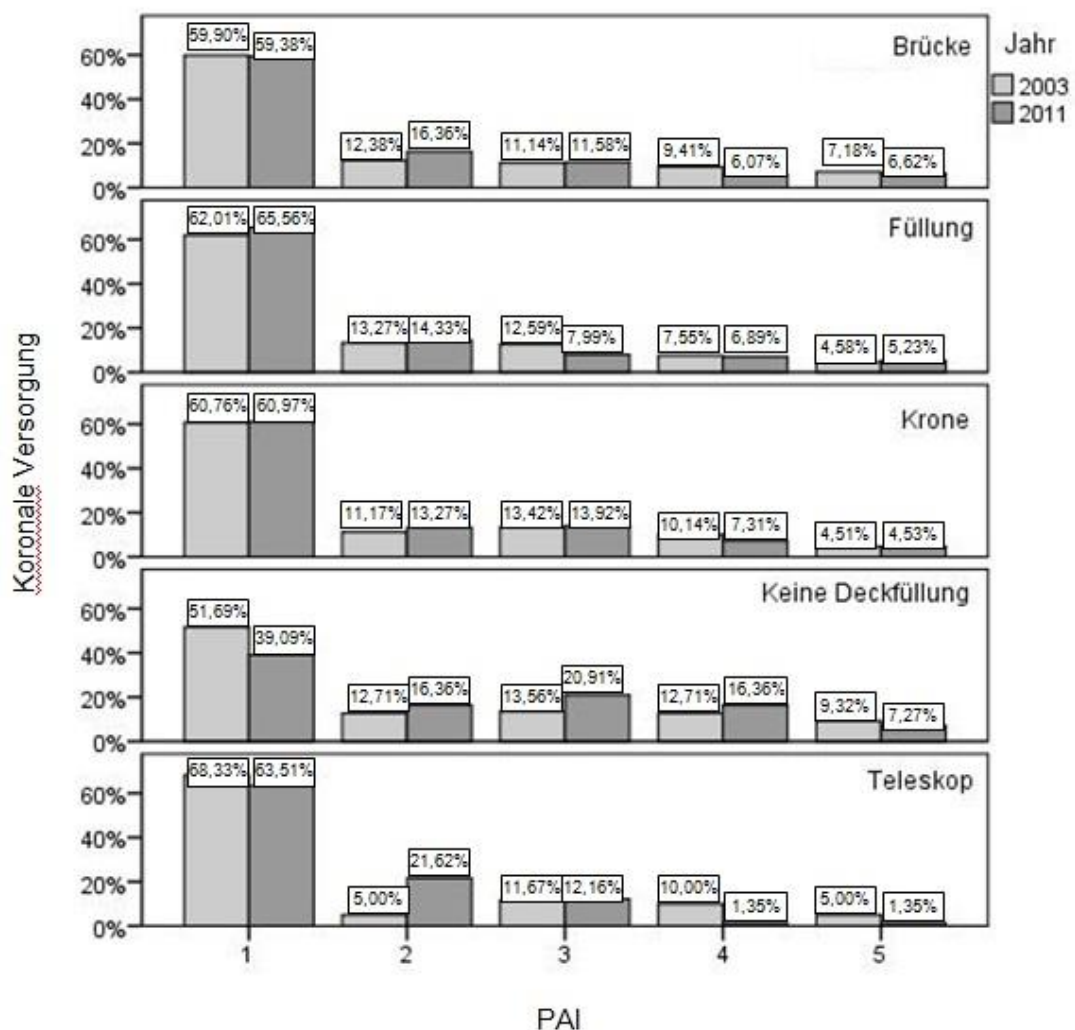


Abbildung 38: Zusammenhang zwischen Art der koronalen Versorgung und dem Vorkommen von AP

Abbildung 39 verdeutlicht den Einfluss der Qualität der koronalen Versorgung auf den apikalen Status. Gesund waren 2003 75,56% ($n=872$) der Zähne mit guter Restauration und 66,32% ($n=502$) mit schlechter. 2011 ist eine ähnliche Tendenz zu

verzeichnen. 77,12 % (n= 1436) der koronal gut versorgten Zähne waren apikal unauffällig, bei den schlecht restaurierten Zähnen waren es 69,18 % (n= 523).

Der Zusammenhang zwischen der Qualität der koronalen Restauration und dem Grad des PAI war in beiden Untersuchungszeiträumen hochsignifikant (2003: $p= 0,000$, 2011: $p= 0,000$).

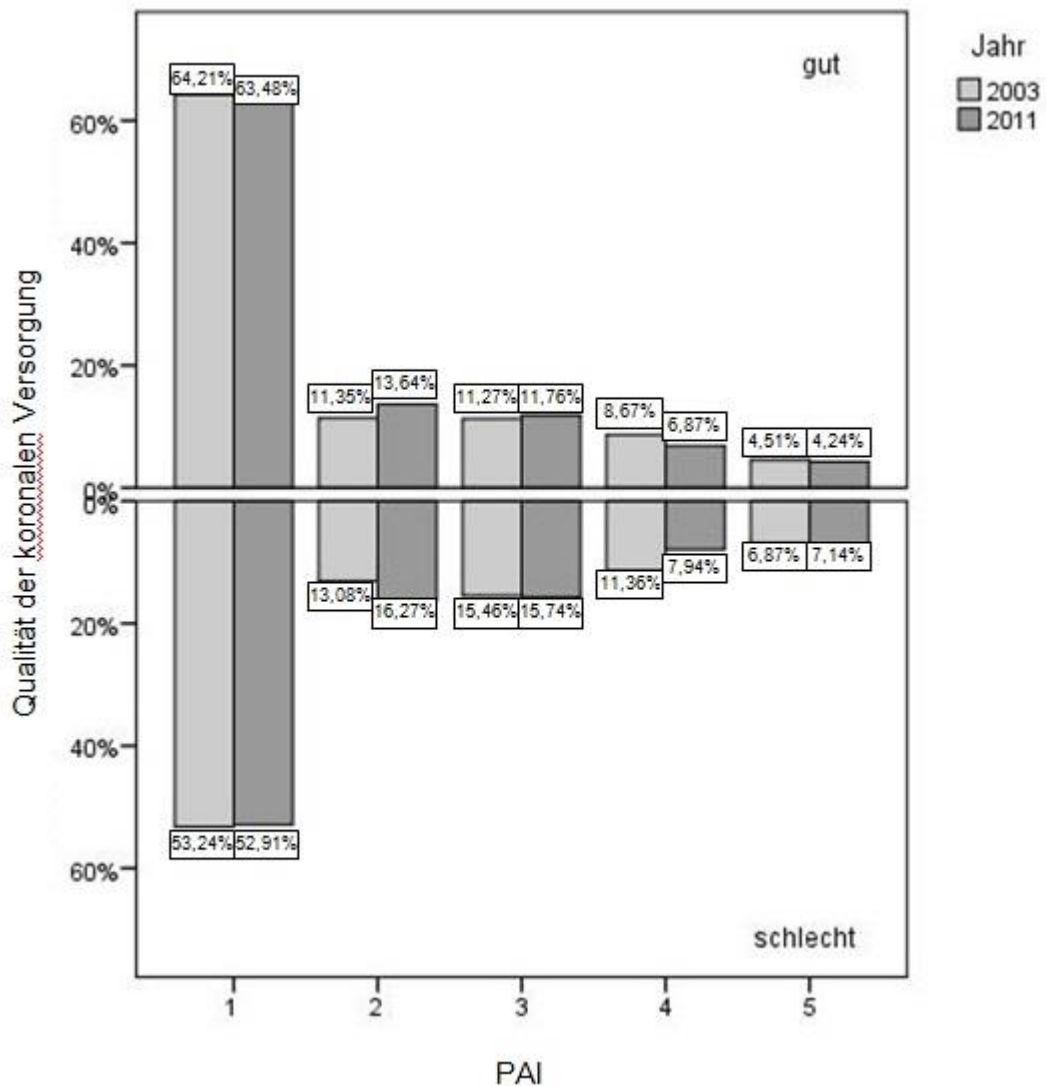


Abbildung 39: Zusammenhang zwischen der Qualität der koronalen Versorgung und dem PAI

Der Einfluss von Stiftversorgungen auf den apikalen Status kann aus Abbildung 40 entnommen werden. Gesund im Sinne eines PAI von 1 oder 2 waren im ersten Jahr 73,35% (n= 501) und 2011 73,36% (n= 157) der Zähne mit einer Wurzelstiftversorgung. Ohne eine Stiftverankerung lag der Anteil gesunder Zähne im Jahr 2003 bei 71,73 % (n= 939) und 2011 bei 74,35% (n= 368). Fast zwei Drittel der Zähne waren demnach unabhängig vom Untersuchungszeitraum und der Stiftver-

sorgung apikal unauffällig. Es besteht zwischen der Stiftverankerung und dem apikalen Status in beiden Zeiträumen kein signifikanter Zusammenhang (2003: $p=0,064$, 2011: $p=0,431$).

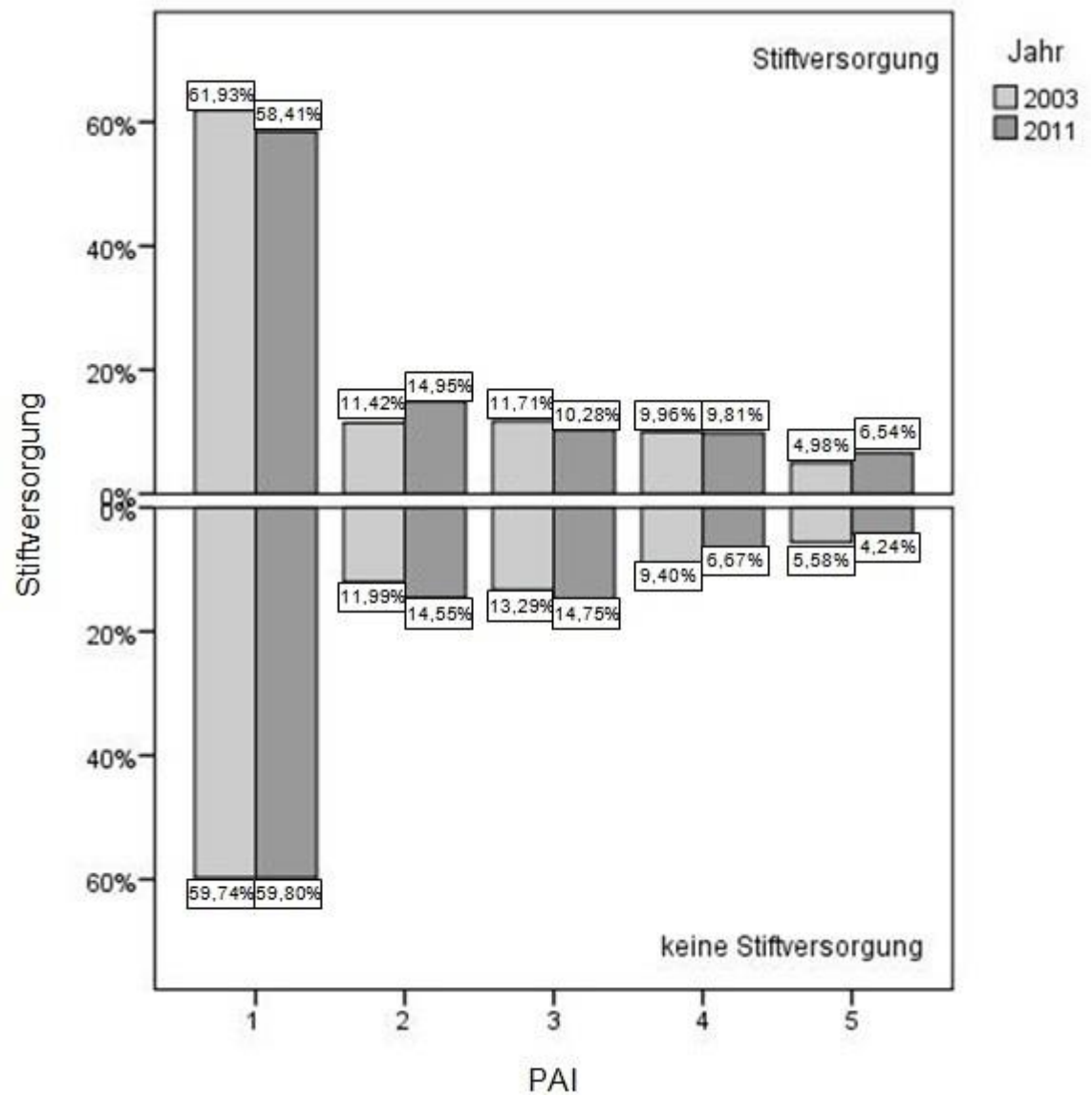


Abbildung 40: Apikale Parodontitis in Zusammenhang mit wurzelstiftversorgten Zähnen

5.2.8 Einfluss der drei Qualitätsmerkmale - koronale Versorgung, Dichtigkeit und Länge auf den PAI

Zusammenfassend kann aus den Tabellen 16 und 17 unter Einbeziehung oder Ausschluss der jeweiligen Qualitätsmerkmale koronale Versorgung, Dichtigkeit und Länge der jeweilige PAI Wert entnommen werden.

Die Tabellen spiegeln die Ergebnisse der bisherigen Auswertung wieder. In beiden Jahren waren wurzelbehandelte Zähne mit insgesamt schlechten Qualitätsmerkmalen häufiger von apikaler Parodontitis betroffen als ohne diese. 2011 waren Zähne mit guten Qualitätsmerkmalen mit einer Rate von 86,5 % als gesund einzustufen. 2003 waren es 82,3 % der Zähne.

Qualitätsmerkmal			PAI Werte			
Koronale Versorgung	Dichtigkeit	Länge	1-2	3-5	n. b.	n
+	+	flush	82,3%/186	17,7%/40	-	226
+	-	flush	73,2,0%/134	23,5%/43	3,3%/6	183
+	+	short	80,7%/176	19,3%/42	-	218
+	-	short	71,6,8%/341	27,7%/132	0,6%/3	476
+	+	long	46,7%/7	53,3%/8	-	15
+	-	long	50,0%/6	41,7%/5	8,3%/3	24
-	+	flush	75,0%/84	23,2%/26	1,8%/2	112
-	-	flush	72,5,9%/87	25,8%/31	1,7%/2	120
-	+	short	74,1%/83	25,9%/29	-	112
-	-	short	59,6%/218	39,1%/143	1,4%/5	366
-	+	long	55,6%/5	44,4%/4	-	9
-	-	long	41,7%/5	50,0%/6	8,3%/1	12

Tabelle 16: PAI Werte in Abhängigkeit der koronalen Versorgung, Dichtigkeit und Länge im Jahr 2003

Qualitätsmerkmal			PAI Werte			
Koronale Versorgung	Dichtigkeit	Länge	PAI 1-2	PAI 3-5	n. b.	n
+	+	flush	86,5%/493	13,5%/77	-	570
+	-	flush	82,0%/132	18,0%/29	-	161
+	+	short	76,0%/440	23,8%/138	0,2%/1	579
+	-	short	68,8%/302	31,0%/136	0,2%/1	439
+	+	long	70,8%/ 46	29,2%/19	-	65
+	-	long	54,2%/13	45,8%/11	-	24
-	+	flush	81,4%/153	18,1%/34	0,5%/1	188
-	-	flush	73,9%/65	26,1%/23	-	88
-	+	short	72,0%/116	27,3%/44	0,6%/1	161
-	-	short	57,4%/163	41,5%/118	1,1%/3	284
-	+	long	60,0%/12	40,0%/8	-	20
-	-	long	53,8%/7	46,2%/6	-	13

Tabelle 17: PAI Werte in Abhängigkeit der koronalen Versorgung, Dichtigkeit und Länge im Jahr 2011

5.2.9 Binomiale logistische Regressionsanalysen mit dem Endpunkt apikale Parodontitis

Die folgenden Tabellen 18, 19, 20 stellen die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalyse mit dem Endpunkt apikale Parodontitis dar. Es wurden für 2003, 2011 und jahresübergreifend alle Untersuchungsvariablen aufgenommen und auf ihre statistische Signifikanz (p) bezüglich der Prävalenz eines PAI von 3-5 untersucht. Ebenso wurde die Gesamtzahl (n), das Quotenverhältnis (OR) und das Konfidenzintervall (CI) bestimmt. Aufbereitungsfehler wurden aufgrund der zu geringen Anzahl ausgeschlossen.

2003 waren Zähne mit einer Wurzelfüllung (p=0,000) und Zähne mit zu langer (p=0,000) und undichter (p=0,003) Wurzelfüllung hochsignifikant mit einer apikalen Parodontitis assoziiert. Bezogen auf die Zahngruppen hatten Oberkiefer Frontzähne (p=0,007) und Unterkiefer Molaren (p=0,000) eine statistisch hochsignifikante Prävalenz zu einem PAI von 3-5. Eine schlechte Qualität der koronalen Versorgung war hochsignifikant mit einer apikalen Parodontitis assoziiert (p=0,000).

2011 hatten weibliche Patienten eine statistisch relevante Prävalenz zu einer apikalen Parodontitis ($p=0,027$). Zähne mit Wurzelfüllungen ($p=0,000$), zu kurz ($p=0,003$) und zu lang ($p=0,000$) abgefüllte Zähne und undichte Wurzelkanalfüllungen führten zu statistisch signifikant höheren Prävalenzen apikaler Parodontitiden. Zähne der Oberkieferfront ($p=0,044$) und Unterkiefer Praemolaren ($p=0,036$) zeigten eine signifikante Assoziation zu apikalen Erkrankungen.

Jahresübergreifend kann festgestellt werden, dass weibliche Patienten statistisch signifikant mit einer apikalen Parodontitis assoziiert waren ($p=0,006$), ebenso wie Zähne die wurzelgefüllt waren ($p=0,000$), zu kurz ($p=0,009$) oder zu lang ($p=0,000$) abgefüllt wurden und Undichtigkeiten ($p=0,000$) aufwiesen. Bezüglich der Zahngruppen zeigten jahresübergreifend Oberkiefer Frontzähne ($p=0,002$), Unterkiefer Praemolaren ($p=0,016$) und Unterkiefer Molaren ($p=0,000$) statistisch signifikant höhere Prävalenzen einer apikalen Parodontitis. Eine schlechte Qualität der koronalen Versorgung hatte einen statistisch relevanten Einfluss auf den periapikalen Status ($p=0,000$).

In den Jahren 2003, 2011 und jahresübergreifend konnte kein statistisch relevanter Einfluss der Altersklassen, der Art der koronalen Versorgung und der Versorgung mit Wurzelstiften auf die Prävalenz einer apikalen Parodontitis festgestellt werden.

Variable	n	OR	CI	p
Geschlecht				
weiblich	657	0,817	0,640-1,042	0,104
Männlich	700	1,00		
Altersklasse				
14-19	37	0,726	0,039-13,681	0,831
20-29	190	1,838	0,112-30,114	0,670
30-39	252	1,897	0,117-30,885	0,653
40-49	250	1,924	0,118-31,309	0,646
50-59	270	1,539	0,095-24,990	0,762
60-69	253	2,452	0,151-39,857	0,528
70-79	85	2,647	0,158-44,256	0,498
80-89	18	5,878	0,285-121,243	0,251
90-99	2	1,00		
Wurzelfüllung				
vorhanden	812	0,138	0,107-0,180	0,000
nicht vorhanden	545	1,00		
Länge				
short	1162	1,149	0,901-1,465	0,264
flush	630	1,00		
Long	46	3,322	1,774-6,221	0,000
Dichtigkeit				
dicht	690	1,00		
undicht	1148	1,453	1,136-1,857	0,003
Zahngruppen				
Ok Front	418	0,612	0,430-0,872	0,007
Ok Praemolar	357	0,798	0,568-1,122	0,194
Ok Molar	364	1,00		
Uk Front	102	0,823	0,486-1,392	0,468
Uk Praemolar	288	0,740	0,504-1,086	0,124
Uk Molar	309	1,979	1,427-2,745	0,000
Qualität kor. Vers.				
gut	1118	1,00		
schlecht	720	1,726	1,361-2,188	0,000
Art der kor. Vers.				
Teleskop	54	1,247	0,572-2,718	0,578
Brückenanker	358	0,944	0,566-1,573	0,824
Füllung	415	0,777	0,483-1,249	0,297
Krone	902	1,039	0,646-1,669	0,876
keine Deckflg.	109	1,00		
Stift				
vorhanden	612	0,894	0,766-1,261	0,983
nicht vorhanden	1226	1,00		

Tabelle 18: Binominale logistische Regressionsanalyse: Abhängigkeit der Variablen zu Apikaler Parodontitis für das Jahr 2003

Variable	n	OR	CI	p
Geschlecht				
weiblich	705	0,765	0,603-0,969	0,027
Männlich	749	1,00		
Altersklasse				
14-19	25	0,163	0,008-3,191	0,232
20-29	117	0,442	0,029-6,647	0,555
30-39	185	0,518	0,035-7,687	0,633
40-49	222	0,652	0,044-9,643	0,756
50-59	290	0,543	0,037-8,006	0,657
60-69	341	0,536	0,036-7,880	0,649
70-79	228	0,644	0,044-9,532	0,749
80-89	43	0,419	0,027-6,618	0,537
90-99	3	1,00		
Wurzelfüllung				
vorhanden	961	0,118	0,091-0,154	0,000
nicht vorhanden	493	1,00		
Länge				
short	458	2,055	1,278-3,307	0,003
flush	216	1,00		
Long	21	10,272	3,794-27,813	0,000
Dichtigkeit				
dicht	331	1,00		
Undicht	364	1,568	1,053-2,334	0,027
Zahngruppen				
Ok Front	236	0,525	0,280-0,984	0,044
Ok Praemolar	161	0,589	0,313-1,109	0,101
Ok Molar	64	1,00		
Uk Front	31	0,604	0,207-1,766	0,357
Uk Praemolar	128	0,470	0,232-0,951	0,036
Uk Molar	75	1,499	0,741-3,032	0,261
Qualität kor.Vers.				
gut	497	1,00		
Schlecht	198	1,414	0,944-2,119	0,093
Art der kor. Vers.				
Teleskop	21	1,495	0,108-20,697	0,764
Brückenanker	174	1,696	0,152-18,963	0,668
Füllung	22	0,561	0,034-9,190	0,685
Krone	473	2,009	0,184-21,969	0,568
keine Deckflg.	5	1,00		
Stift				
vorhanden	211			
nicht vorhanden	484			

Tabelle 19: Binominale logistische Regressionsanalyse: Abhängigkeit der Variablen zu Apikaler Parodontitis für das Jahr 2011

Variable	n	OR	CI	p
Geschlecht				
weiblich	1362	0,788	0,65-0,933	0,006
Männlich	1449	1,00		
Altersklasse				
14-19	62	0,333	0,042-2,622	0,296
20-29	307	0,868	0,125-6,010	0,886
30-39	437	0,935	0,136-6,429	0,945
40-49	472	1,053	0,153-7,236	0,958
50-59	560	0,867	0,126-5,942	0,884
60-69	594	1,068	0,156-7,321	0,946
70-79	313	1,214	0,176-8,388	0,844
80-89	61	1,094	0,148-8,061	0,930
90-99	5	1,00		
Wurzelfüllung				
vorhanden	1773	0,128	0,106-0,153	0,000
nicht vorhanden	1038	1,00		
Länge				
short	1620	1,328	1,072-1,644	0,009
flush	846	1,00		
Long	67	4,477	2,654-7,553	0,000
Dichtigkeit				
dicht	1021	1,00		
Undicht	1512	1,475	1,200-1,814	0,000
Zahngruppen				
Ok Front	654	0,622	0,462-0,839	0,002
Ok Praemolar	518	0,773	0,576-1,037	0,086
Ok Molar	428	1,00		
Uk Front	133	0,785	0,492-1,253	0,310
Uk Praemolar	416	0,665	0,478-0,927	0,016
Uk Molar	384	1,887	1,404-2,536	0,000
Qualität kor.Vers.				
gut	1615	1,00		
Schlecht	918	1,672	1,327-1,994	0,000
Art der kor. Vers.				
Teleskop	75	1,106	0,546-2,237	0,780
Brückenanker	532	0,933	0,579-1,501	0,774
Füllung	437	0,747	0,468-1,191	0,221
Krone	1375	1,044	0,666-1,637	0,850
keine Deckflg.	114	1,00		
Stift				
vorhanden	823	1,011	0,822-1,244	0,919
nicht vorhanden	1710	1,00		

Tabelle 20: Binominale logistische Regressionsanalyse: Abhängigkeit der Variablen zu Apikaler Parodontitis, jahresübergreifend

6. Diskussion

6.1 Diskussion zu Material und Methode

6.1.1 Beurteilung des Studiendesigns

Es handelt sich bei der hier vorliegenden Untersuchung um eine retrospektive epidemiologische Querschnittstudie anhand von Röntgenbildern.

Das Ziel der Forschungsarbeit war es, die Qualität wurzelkanalbehandelter Zähne anhand von Orthopantomogrammaufnahmen zweier Untersuchungszeiträume zu überprüfen, Veränderungen zu eruieren und Zusammenhänge zwischen den Untersuchungskriterien darzustellen. Als Beobachtungszeitraum wurden die Jahre 2003 und 2011 gewählt. Das Studiendesign erlaubt somit keine Aussagen über den Verlauf der Behandlungsfälle sowohl zwischen, als auch innerhalb der beiden Untersuchungsjahre und stellt lediglich den Zahnstatus der Patienten zum jeweiligen Zeitpunkt dar. Somit kann die Untersuchung der Erforschung der Prävalenz dienen.

Auch die Umstände der Behandlung wie die Erstdiagnose, die Behandlungsmodalitäten und der Verlauf der Therapie lassen sich nicht rekonstruieren. Es können ebenso nur hypothetische Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsparametern ermittelt werden, da durch das Untersuchungsmaterial ausschließlich Momentaufnahmen vorlagen. Longitudinale Forschungsarbeiten mit großen Populationen, welche radiologische und klinische Untersuchungskriterien in die Analyse einbeziehen, können hingegen den Behandlungserfolg darstellen [199].

Auch wenn die Aussagekraft von Querschnittsstudien limitiert ist, hatte die Wahl dieses Studiendesigns bedeutende Vorteile für die epidemiologische Datenerhebung. Die multikausale Erforschung der Untersuchungsparameter ermöglicht eine allgemein realitätsnahe Übertragung der Ergebnisse in den Behandlungsalltag [57]. Es konnte zudem eine hohe Zahl an Patientendaten in einer relativ überschaubaren Zeitspanne examiniert und statistisch ausgewertet werden.

Aus diesem Grund wurden bereits vorhandene OPGs für die Datenauswertung gewählt. Dadurch konnten die Strahlenbelastung und Kosten von Verlaufskontrollen verhindert werden. Ein intraoraler Zahnstatus mit 14 Aufnahmen würde zwar eine

höhere Detailschärfe ermöglichen, allerdings zu Lasten einer wesentlich höheren Strahlenbelastung [186]. Deshalb hat sich dieses Studienkonzept auch in vielen anderen endodontischen Untersuchungen etabliert [154, 75, 24, 193, 188, 132, 107, 61]. Den Fragen nach Zusammenhängen zwischen den Untersuchungsfaktoren und der Prävalenz der apikalen Parodontitis, der Krankheitsverteilung in einer Subpopulation und der Behandlungsnotwendigkeit kann somit nachgegangen werden und der Etablierung von Behandlungsrichtlinien und der Qualitätsverbesserung dienen.

6.1.2 Patientenkollektiv

Das Untersuchungskollektiv bestand ausschließlich aus Patienten, die in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München vorstellig wurden.

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien wurden insgesamt 2811 Patientenaufnahmen in dieser Studie untersucht. Die Studienpopulation wurde bis auf die Altersbegrenzung von Patienten ab 14 Jahren nicht vorselektiert. Das durchschnittliche Alter lag 2003 bei 47,21 und 2011 bei 53,65 Jahren. Die meisten Patienten waren in beiden Untersuchungsjahren im Altersabschnitt zwischen 30 und 60 Jahren zu finden. Dies deckt sich weitgehend mit den Altersverteilungen der internationalen Literatur [20, 23, 24, 40, 76, 135, 107, 193, 47, 131].

Im Vergleich zu deutschen Studien ist das Durchschnittsalter relativ gesehen hoch. Bei Klimek et al. lag das Durchschnittsalter bei 37 und 41 Jahren, bei Schulte et al. bei 35 und 38 Jahren [122, 174]. Weiger et al. untersuchte in seiner Studie Patienten mit einem mittleren Alter von 35 Jahren, ähnlich wie Reichelt et al. deren Studienpopulation im Durchschnitt 36 Jahre betrug [198, 159]. Nur bei Hülsmann et al. wurden Patienten im Durchschnittsalter von 40 bis 49 Jahren untersucht [101]. Ein Erklärungsansatz für das hohe Durchschnittsalter in dieser Untersuchung wäre die Einbeziehung praktisch aller Altersstufen in die Analyse.

Die Geschlechterverteilung innerhalb der Zeiträume ist als konstant anzusehen. Sowohl 2003 als auch 2011 waren rund 48 % der Patienten weiblich und 51% männlich. Ähnliche Alters- und Geschlechterverteilungen finden sich in der internationalen Literatur [131, 175, 178, 118, 130].

Es wurden Menschen unterschiedlicher sozialer, demografischer, ethnischer und psychisch-physischer Konstitution einbezogen. Es kann diskutiert werden, ob die allgemeine Patientenstruktur an der Universität tendenziell eher sozialwirtschaftlich schwächer aufgestellt ist oder repräsentativ für den Durchschnittspatienten anzusehen ist. Von der Annahme ausgehend, dass ein sozialwirtschaftlich schwaches Patientenkontingent einer höheren zahnmedizinischen Versorgungsnotwendigkeit im Sinne überdurchschnittlich vieler oder weniger Wurzelkanalfüllungen bedarf, hätte dies einen beeinflussenden Faktor auf das Studienergebnis.

Die endodontische und restaurative Behandlung der Patienten lässt sich außerdem nicht bezüglich des Ursprungs rekonstruieren. Es ist davon auszugehen, dass viele Wurzelfüllungen in privaten Zahnarztpraxen oder im Ausland durchgeführt wurden und somit vom Standard der Universitätsklinik abweichen. Durch diese Mischpopulation ist die Aussagekraft epidemiologischer Querschnittstudien als hoch anzusehen. Das breite Untersuchungsspektrum ermöglicht somit realitätsnahe Aussagen [57].

6.1.3 Kalibrierung des Begutachters

Um vor Beginn der Auswertung der Orthopantomogramme eine möglichst konstant gleichbleibende Qualität der Röntgenbefunde zu gewährleisten, erfolgte die Kalibrierung des Begutachters durch einen erfahrenen Spezialisten der Endodontologie. Die Übereinstimmung der Befunde lag nach Berechnung des Cohens Kappa Koeffizienten 2003 bei $k=0,83$ und 2011 bei $k=0,85$. Diese Werte repräsentieren eine sehr hohe Übereinstimmung [127].

Die Kalibrierung erfolgte unter Zuhilfenahme des PAI nach Orstavik [146]. Dieser, nach fünf Graden unterteilte Index richtet sich nach histologisch untersuchten, pathomorphologischen Veränderungen apikaler Strukturen und wird anhand von exemplarischen Zahnfilmen bewertet. Somit konnte schon vorab eine Richtlinie für die Beurteilung des Ausprägungsgrads der knöchernen Umstrukturierung eingehalten werden. Dieser Index ist auch in den meisten vergleichbaren Untersuchungen verwendet worden [132, 177, 162]. Die PAI Grade 1 und 2 werden dabei als gesund eingestuft, die Grade 4 und 5 als sicher krank. Der PAI Grad 3 stellt einen Übergang

von gesunden zu kranken apikalen Verhältnissen dar und ist somit nicht immer eindeutig zuzuordnen [146]. Somit kann eine unkoordinierte Verschiebung der Befunde entstehen. Um klare Beurteilungskriterien zu ermöglichen, wurde in dieser Studie ein Zahn mit einem PAI von 3 als krank klassifiziert. Dadurch ist insgesamt möglicherweise eine Verschiebung der apikalen Befunde entstanden, die tendenziell häufiger kranke als gesunde Zähne hervorgebracht hat.

Zu erwähnen ist, dass sich auf den Panoramaaufnahmen die Anatomie aufgrund der unterschiedlichen Knochendichte, Überlagerung und Unschärfe anders darstellt als auf dem Zahnfilm und somit zwangsläufig Fehler in der Interpretation vorkommen können. Dadurch kann tendenziell eine Verschiebung der Diagnose zu gesunden Zähnen entstanden sein. Dies würde wiederum der Verschiebung der Ergebnisse durch die Wahl des PAI 3 als krank entgegenwirken.

Der Befund radiologischer Aufnahmen wird visuell vom Menschen durchgeführt und unterliegt subjektiven Schwankungen [160, 200]. Durch die Kalibrierung des Begutachters durch einen Spezialisten und die anschließende alleinige Examinierung der OPGs, konnten Variationen in der Diagnostik auf untersucherspezifische Folgefehler begrenzt werden. Wie von Eckerbom et al. vorgeschlagen, wurden ebenfalls streng definierte Untersuchungskriterien gewählt um die Fehlerzahl klein zu halten [50]. Zudem war es zu jeder Zeit möglich, fragliche Befunde mit dem Spezialisten zu klären.

6.1.4 Grenzen des radiologischen Befundes

Die Panoramaschichtaufnahme ist eine röntgenologische Übersichtsaufnahme, die zur Befundung des Gesamtgebisses und umliegender knöcherner Anatomie dient. Dass der Zahnfilm bei endodontischen Fragestellungen in der Darstellung dem OPG meist überlegen ist, ist bekannt [69, 138, 162, 164, 166, 194].

Bei relativ geringer Strahlenexposition lassen sich jedoch auf einer Panoramaschichtaufnahme viele Informationen zusammenfassen [186]. Aus diesem Grund wurde diese Methodik wie auch bei anderen internationalen epidemiologischen Untersuchungen genutzt [109, 39, 40, 132, 131]. Auch wenn die primäre Indikation des Orthopantomogramms nicht bei endodontologischen Fragestellungen liegt, so hat

sie doch zu Studienzwecken bedeutende Vorteile. Das OPG kann als Übersichtsaufnahme bei der Erstbefundung von Patienten genutzt werden. Der Zahnbestand, die Anzahl der Zähne mit Wurzelkanalfüllungen und deren Qualität, die Art und Qualität von Restaurationen und Stiftversorgungen sind auf einer einzelnen Aufnahme beurteilbar.

Das OPG stellt die abzubildenden dreidimensionalen Strukturen in zweidimensionaler Weise dar. Dadurch gehen spezielle Limitationen in der Darstellung einher. Sich überlagernde Wurzeln, Verzerrungen, parallaxtische Verschiebungen sind nur einige der Komplikationen, die den röntgenologischen Befund erschweren, die allerdings auch beim Zahnfilm auftreten können. Zusätzlich kommt es beim OPG zu typischen Überlagerungen im Bereich der Trachea und der Wirbelsäule, die sich in der Güte der Darstellung widerspiegeln. Besonders im Frontzahnbereich sind dadurch im Ober- und Unterkiefer Fehlinterpretationen des Zahnbefundes oder apikaler Strukturen möglich [103]. Die Sensitivität des OPGs für die Examinierung osteolytischer Veränderungen ist unter anderem von Ahlqwist et al. untersucht worden. Verglichen mit dem intraoralen Zahnfilm lag die Sensitivität bei der Befundung einwurzeliger Zähne bei 76% und bei mehrwurzeligen Zähnen bei 90% [3].

Grundsätzlich muss angezweifelt werden, ob die röntgenologische Diagnostik apikaler Strukturen den tatsächlichen Zustand der Entzündungsmechanismen und Wachstumsprozesse widerspiegelt [153]. Aus weiter oben genannten Gründen ist die histologische und mikrobielle Untersuchung unethisch und unpraktikabel, so dass die röntgenologische Untersuchung nach wie vor als Standard gesehen wird. Allerdings sind wesentliche Diskrepanzen zwischen dem röntgenologischen und dem tatsächlichen histologisch-mikrobiologischen Befund bei apikalen pathologischen Prozessen festgestellt worden [176, 16, 15, 187]. Bender und Seltzer konnten nachweisen, dass apikale knöcherne Umbauprozesse erst bei Erreichen kortikaler Strukturen radiologisch erkannt werden können [13, 14, 15]. So ist davon auszugehen, dass die tatsächliche Anzahl pathologischer Veränderungen höher liegt als röntgenologisch festgestellt werden konnte.

Andererseits haben Untersuchungen gezeigt, dass die diagnostische Aussagekraft von Panoramaschichtaufnahmen für die Diagnostik apikaler Pathologien bei epidemiologischen Fragestellungen ausreichend ist [71, 0, 3, 134, 163].

Auch ist die Beurteilung der Qualität koronaler Restaurationen röntgenologisch

fehlerbehaftet. Nur deutlich sichtbare approximale Randundichtigkeiten können bei Kronen, Brücken, Teleskopen und Füllungen wahrgenommen werden. Bei zusätzlicher klinischer Untersuchung wie beispielsweise der Abtastung der Restaurationsränder mit einer zahnärztlichen Sonde können zwar Undichtigkeiten diagnostiziert werden, jedoch ist auch hier keine Bakteriendichtigkeit feststellbar. Ein ähnlicher Diskussionsbedarf stellt sich bei der Untersuchung der technischen Qualität der Wurzelfüllungen. Die zweidimensionale Aufnahme ermöglicht keine sichere Bewertung der Länge und Homogenität in allen Dimensionen [113]. Aus besagten Gründen ist die röntgenologische Beurteilung aber nach wie vor die einzige Möglichkeit, die Qualität der Wurzelfüllung zu beurteilen.

Diese Problematik stellt sich bei allen Studien mit rein röntgenologischem Untersuchungsmaterial, wodurch die Vergleichbarkeit mit dieser Forschungsarbeit gegeben ist. In dieser Studie wurde bei der Befundung bei jedem zu untersuchenden Parameter die Möglichkeit der nicht Beurteilbarkeit hinzugefügt. So konnten bei nicht eindeutigen Darstellungen einzelne Untersuchungsparameter des Zahns oder der Zahn als Ganzer ausgeklammert werden.

Ein weiterer Punkt, der die Aussagekraft des Röntgenbefundes limitiert, ist die Tatsache, dass nur eine Momentaufnahme des Gebisses vorliegt. So ist, aufgrund der fehlenden Verlaufskontrollen in dieser und vielen ähnlichen Studien, keine Aussage über die Ausheilungstendenz beziehungsweise eine Aggravation der apikalen Parodontitis möglich. Zusätzlich ist durch das Fehlen klinischer Untersuchungen wie der Prüfung der Perkussionsempfindlichkeit oder Vitalität möglicherweise eine unbestimmte Anzahl an Zähnen als gesund eingestuft worden, die sich bereits klinisch als symptomatisch gezeigt hätten. Da sich der apikale Statusbefund allerdings nach dem PAI richtet, ist diese Fehlerquote bereits im Index berücksichtigt und nicht für alle Arten von Pulpaerkrankungen gültig. Es hat sich außerdem in vorherigen Untersuchungen gezeigt, dass im Zyklus von 5 bis 10 Jahren die Zahl der ausheilenden und neu entstandenen apikalen Läsionen ungefähr ausgeglichen ist [52, 155]. Demnach ist von einer annähernden Übereinstimmung des röntgenologisch festgestellten und tatsächlichen Befundes auszugehen.

Die Qualität des Röntgenbildes ist ein weiterer Faktor, der die Beurteilung des Untersuchungsgutes beeinflusst. Es wurden die zum jeweiligen Zeitpunkt aktuellen Röntgengeräte verwendet wodurch eine Qualitätsoptimierung in der Bilddarstellung

gewährleistet werden konnte. Dadurch dass in dieser Studie jedoch zwei unterschiedliche Orthopanthomogramme genutzt wurden, lässt sich vermuten, dass die Auswertung der Bilder mit dem Gerät Orthophos XG des Jahres 2011 unter Umständen aufgrund der höheren Detailschärfe näher an der Realität liegen als die Bilder aus 2003.

Entgegengehalten werden kann jedoch, dass die Kalibrierung des Begutachters mit Bildern aus den jeweiligen Untersuchungsjahren erfolgte und somit eventuelle Unterschiede in der Befundung beachtet wurden. Variationen in der Detailschärfe und dem Kontrast konnten außerdem durch die Bearbeitungssoftware ausgeglichen werden. Es ist deshalb anzunehmen, dass der Einfluss der unterschiedlichen aber modernen Röntgeneinheiten einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Ergebnisse hat.

6.1.5 Der Zahn als Einheit

Bei der Beurteilung der wurzelgefüllten Zähne wurde der Zahn als eine Einheit betrachtet. Dies bedeutet, dass das jeweilige Untersuchungskriterium bei mehrwurzeligen Zähnen stellvertretend für alle Wurzelfüllungen galt. Wurden bei einem Molaren beispielsweise zwei Wurzeln als dicht und homogen gefüllt betrachtet, die letzte jedoch als undicht, so war letztere Beurteilung ausschlaggebend für die Gesamtbewertung. Ebenso wurde bei ungefüllten Kanälen, Instrumentenfrakturen, Aufbereitungsfehlern und der Länge verfahren.

In der Literatur wird die Wahl der kleinsten Untersuchungseinheit unterschiedlich betrachtet. Manche Autoren wie Sjögren et al., Hoskinson et al. und Kerekes et al. untersuchten bei ihrer Analyse einzelne Wurzelfüllungen des Zahns getrennt und nicht stellvertretend für den gesamten Zahn [111, 179, 97]. Allerdings ist für den Behandlungserfolg oder Misserfolg einer Wurzelkanalbehandlung die Zuordnung der jeweiligen insuffizienten Wurzelfüllung nicht immer eindeutig gegeben. Zudem wird meist bei einer missglückten Therapie in letzter Konsequenz der gesamte Zahn extrahiert. Andere Studien wie die von Ray und Trope, Lupi-Pegurier et al., Kirkevang et al., Klimek et al. und Heppeler et al. sehen deshalb ebenso wie diese Studie den Zahn als Gesamteinheit [122, 86, 131, 117, 158].

6.2 Diskussion zu den Ergebnissen

6.2.1 Zahnstatus

Die radiologische Befunderhebung gliederte sich in einen allgemeinen patientenspezifischen Teil und einen, die Wurzelfüllungen betreffenden Abschnitt. Bei jedem Patienten wurden zuerst alle auf dem OPG als durchgebrochen erkennbaren Zähne befundet. 2003 wurden 32857 und 2011 33403 Zähne gezählt. Somit wurden insgesamt 66260 Zähne untersucht. Verglichen mit anderen internationalen Studien ist das Untersuchungsgut zahlenmäßig überdurchschnittlich hoch (Tabelle 21). Im Mittel lag die Anzahl der Zähne pro Patient im Jahr 2003 bei 22,0 und 2011 etwas niedriger bei 21,9. Bei Zusammenlegung aller Patientenzahlen und untersuchten Zähne aus beiden Jahren ergibt sich eine Durchschnittsanzahl von rund 22 Zähnen pro Patient. Obwohl bei dieser Studie auch dritte Molaren berücksichtigt wurden, ist diese Anzahl im Vergleich mit anderen Untersuchungen niedriger. Aufgrund der hohen Variabilität der Untersuchungskriterien innerhalb der Studien ist eine direkte Gegenüberstellung der Zahnzahlen nicht möglich und demnach hinsichtlich des mittleren Zahnstatus differenziert zu betrachten.

Studie	Jahr	Patienten	Zahnzahl	durchschnittliche Zahnzahl
Bergenholtz et al. [20]	1973	240	5472	22.8
Petersson et al. [154]	1986	861	4985	5.8
Allard & Palmqvist [5]	1986	183	2567	14.0
Eckerbom et al. [50]	1987	200	4889	24.4
Bergstrom et al. [19]	1987	250	6593	26.2
Eriksen et al. [58]	1988	141	3197	22.7
Petersson et al. [156]	1989	567	11497	20.3
Odesjo et al. [145]	1990	967	17430	18.0
Eriksen & Bjertness [59]	1991	119	2940	24.7
De Cleen et al. [39]	1993	184	4196	22.8
Eriksen et al. [60]	1995	118	3282	27.8
Buckley & Spångberg [25]	1995	208	5272	25.3
Soikkonen [181]	1995	293	2355	8.0
Saunders et al. [171]	1997	340	8420	24.8
Weiger et al. [198]	1997	323	7897	24.4
Marques et al. [131]	1998	179	4446	24.8
Sidaravicius et al. [177]	1999	147	3892	26.5
De Moor et al. [40]	2000	206	4617	22.4
Kirkevang et al. [117]	2001	613	15984	26,1
Boucher et al. [24]	2002	208	5373	25,8
Lupi-Pegurier et al. [131]	2002	344	7561	22,0
Dugas et al. [48]	2003	610	16148	26,5
Jiménez-Pinzón et al. [107]	2004	180	4453	24,7
Georgopoulou et al. [76]	2005	320	7664	24,0
Kabak et al. [109]	2005	1423	31212	21,9
Gulsahi et al. [84]	2008	1000	24433	24,4
Peters et al. [151]	2011	178	4594	25,8
Aktuelle Studie	2015	2811	66260	22,0

Tabelle 21: Übersicht endodontischer Studien mit röntgenologischem Befundmaterial

6.2.2 Zähne mit Wurzelkanalfüllung

Bei der Betrachtung der Prävalenz der Wurzelfüllungen zwischen den Jahren 2003 und 2011 wurde eine Zunahme von 6,26% auf 7,95 % festgestellt. Diese Ergebnisse decken sich mit den Werten anderer Studien mit Prävalenzen zwischen 6,8 % und 20,3 % [145, 40, 177, 131, 104]. In diesen Untersuchungen wurden teilweise ältere Populationen untersucht, was den hohen Anteil endodontisch behandelter Zähne erklären könnte. Möglicherweise sind die hohen Werte dieser Studie auch ein Ausdruck für den generellen Trend zur Zahnerhaltung und der Zunahme endodontischer Behandlungen.

Andere Studien hingegen wiesen deutlich niedrigere Prävalenzen von 1,8% bis 4,8% auf [25, 39, 48, 58, 101, 107, 108, 117, 122, 132, 159, 198]. Dabei fallen besonders deutsche Untersuchungen mit niedrigen Prävalenzen im Vergleich zur aktuellen Untersuchung auf. Schulte et al. beobachteten eine Zunahme endodontischer Behandlungen von 1983 auf 1992 von 2,0% auf 3,4 % [174]. Ähnliche Ergebnisse sind bei Klimek et al. mit einer Steigerung zwischen 1983 und 1991 von 3,2 % auf 4,6 % zu erkennen [122]. Hülsmann et al., Reichelt et al. und Weiger et al. fanden Prävalenzen wurzelkanalbehandelter Zähne von 2,3 %, 2,7 % und 3,2 % [101, 159, 198].

6.2.3 Zähne mit apikaler Parodontitis

Es wurden bei der allgemeinen Untersuchung auch apikale Parodontitiden gezählt, die nicht mit einer Wurzelkanalfüllung versorgt waren. Diese Zähne konnten nicht im Detail wie die wurzelgefüllten Zähne analysiert werden, so dass keine präzise Aussage über ihre Assoziation zu den vorgestellten Untersuchungskriterien möglich ist.

Dennoch spiegeln sie die Krankheitsverteilung innerhalb der Studienpopulation wieder. 2003 hatten 49,96 % der 1357 Patienten eine apikale Parodontitis, im zweiten Untersuchungszeitraum waren es 54,26 % von 1454. Die Prävalenz der apikalen Parodontitis lag, gemessen an allen untersuchten Zähnen, für 2003 bei 4,01 % und für 2011 bei 5,05 %.

Eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien ist aufgrund der unterschiedlichen radiologischen Untersuchungsindizes, des bereits angesprochenen Interpretationsspielraums und der variierenden Populationen problematisch. Dennoch liegen diese Resultate im Rahmen der internationalen Literatur, in der die Prävalenz der apikalen Parodontitis von 1,5 % bis 13,6 % reicht [20, 135, 5, 154, 58, 156, 145, 39, 132, 76, 193].

6.2.4 Qualität der Wurzelkanalbehandlungen

Die Untersuchung der Homogenität der Wurzelfüllungen in den Jahren 2003 und 2011 ergab signifikante Unterschiede. Im ersten Untersuchungsjahr waren 36,36 % der Füllungen dicht und homogen. Untersuchungen von Kerekes et al. (47 %) und Bergström et al. (29%) weisen ähnliche Werte auf [19, 111]. Im Jahr 2011 lag der Anteil mit 61,11% fast doppelt so hoch. Vergleichbare Ergebnisse sind von Dugas et al. mit 60,1 % und Lupi- Pegurier et al. mit 58,9 % eruiert worden [48, 131]. Ein Erklärungsansatz für die Verbesserung in der Dichtigkeit und Homogenität der Wurzelfüllungen im Jahr 2011 ist eventuell in der häufigeren Anwendung formkongruenter Guttaperchastifte sowie thermoplastischer Abfülltechniken zu sehen. Laut Fracassi et al. und Peters et al. resultierte die vertikale Kompaktion in einer radiologisch deutlich höheren Homogenität [70, 170]. Peng et al. konnte hingegen metaanalytisch keine signifikanten Diskrepanzen registrieren [149]. Da keine Informationen über die Abfüllmethoden zu den jeweiligen Behandlungsfällen vorlagen, bleibt dieser Erklärungsansatz hypothetisch.

Die radiologische Untersuchung der Homogenität von Wurzelkanalfüllungen ist in ihrer Reproduzierbarkeit ungenauer als die Längenbestimmung. Undichtigkeiten können hinter der röntgendichten Wurzelfüllung entstehen oder durch Überlagerungen unerkannt bleiben. Dadurch können Undichtigkeiten aufgrund der zweidimensionalen Bilddarstellung leichter übersehen werden [120, 118].

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Grenze zwischen Homogenität und Inhomogenität der Wurzelfüllung. Auch bei gründlicher Kalibrierung des Begutachters lassen sich keine allgemeingültigen Grenzen zur Dichtigkeit festlegen. So ist davon auszugehen, dass manche Wurzelfüllungen mit marginalen Unebenheiten

als dicht und homogen beurteilt wurden und andere mit ähnlicher Konstitution ein abweichendes Ergebnis erhielten. Dem widerspricht allerdings der hohe Übereinstimmungswert bei der Kappa Cohens Berechnung für die Kalibrierung der Befunde zwischen den beiden Untersuchern. So ist insgesamt von einer tatsächlich wesentlichen Verbesserung bezüglich dieses Qualitätsmerkmals der Wurzelkanalfüllung auszugehen.

Auch bei der Längenuntersuchung der Wurzelfüllung wurde zwischen 2003 und 2011 eine qualitative Verbesserung festgestellt. So wiesen 2003 rund 40% der Füllungen eine adäquate Länge auf, 2011 waren es etwa 54%, allerdings waren im zweiten Untersuchungsjahr auch wesentlich häufiger überfüllte Kanäle diagnostiziert worden (2003: 2,44%; 2011: 4,59%). Die Resultate aus 2003 entsprechen denen von Autoren wie Eriksen et al. und neueren Studien von Lupi-Pegurier et al., De Moor et al. und Kabak et al.. Hier wurden adäquate Füllungslängen in 41%, 38,7%, 40,7% und 47,7% der examinierten endodontisch behandelten Zähne gezählt [58, 131, 39, 109]. Die Werte für die adäquate Länge in 2011 ähneln den Ergebnissen von Dugas et al. (58,0%) und Tsuneishi et al. (55,9%) [48, 193].

Es ist anzumerken, dass genannte Studien eine Wurzelfüllungslänge mit einem Abstand von 0 bis 2 mm vor dem Apex endend als adäquat einstufen. In der Literatur wird die optimale Länge zum röntgenologischen Apex jedoch uneinheitlich diskutiert. Manche Autoren halten eine Länge von 2 mm als den adäquaten Abstand zur Wurzelspitze, andere fordern eine Distanz von 3 mm. Teils wird ein überstopftes Wurzelfüllmaterial von bis zu 1 mm als noch vertretbar angesehen [120].

Die apikale Konstriktion weist morphologische Variationen auf. So finden sich punktförmige Konstriktionen, Multikonstriktionen, parallele Konstriktionen und ebenso Wurzelkanalausgänge ohne Verengung [49]. Laut Vertucci et. al. liegt der Abstand vom Foramen apicale zur apikalen Konstriktion im Durchschnitt zwischen 0,5 und 1,5 mm [197]. Der radiologische Apex weist im Mittel einen Abstand von ca. 1 mm zur Konstriktion des Wurzelkanals auf [89]. In einer Studie von ElAyouti konnte anhand von Micro-CT-Aufnahmen ein mittlerer Abstand von der apikalen Konstriktion zum Foramen apicale von 0,2 mm und von der apikalen Konstriktion zum anatomischen Apex von 0,9 mm festgestellt werden [54]. Unabhängig der anatomischen Variabilität wird eine möglichst nahe der apikalen Konstriktion endende Wurzelfüllung als optimal angesehen [43]. Untersuchungen von Chugal et. al. zeigten,

dass die Beurteilung der optimalen Länge der Wurzelfüllung von der Diagnose abhängig ist. Nekrotische Zähne zeigen demnach eine höhere Erfolgsquote wenn die Wurzelfüllung bündig am Periapex abschließt. In Fällen einer Vitalextripation hat sich herausgestellt, dass eine Abfüllung bis 2 mm vor dem Apex ausreichend ist [31].

In dieser Untersuchung wurden bereits über 1mm vor dem röntgenologischen Apex endende Wurzelfüllungen als zu kurz gewertet. Hierbei wurde sich nach Metaanalysen von Schaeffer et. al. orientiert in denen 0 bis 1 mm vor dem Apex endende Wurzelfüllungen eine bessere Prognose aufwiesen als solche, die 1 bis 3mm vom Apex entfernt waren [172]. In Anbetracht dieser sehr strengen Grenzen ist es wahrscheinlich, dass die Ergebnisse für die als gut diagnostizierte Wurzelfüllungslängen bei einem anderen Längenkriterium noch besser ausgefallen wären.

Zudem kann röntgenologisch die Entfernung zum Apex nur geschätzt werden, da aufgrund fehlender Referenzlängen keine metrischen Angaben möglich sind. Auch lässt die zweidimensionale Ansicht der Wurzelspitze keine präzise Aussage über den tatsächlichen physiologischen Apex zu. Die Beurteilung der Qualität der Wurzelfüllung ist demnach in röntgenologischen Untersuchungen fehlerbehaftet und unterliegt der subjektiven Bewertung des Begutachters [160, 126]. Die Ergebnisse zur Länge und Homogenität sind unter Berücksichtigung dieser Aspekte anzusehen.

6.2.5 Apikaler Status der Zähne mit Wurzelkanalfüllung

Bei der Beurteilung der apikalen Parodontitis im Sinne einer Ja-Nein Entscheidung aufgrund keiner oder deutlicher apikaler Radiotransluzenz sind Parallelen zu anderen Untersuchungen zu erkennen.

Demnach hatten in dieser Studie im Jahr 2003 26,84% der endodontisch behandelten Zähne eine apikale Parodontitis (PAI 3 bis 5). 2011 ist der Anteil erkrankter Zähne auf etwa 24,96 % gesunken. Ähnliche Werte von 21,7% bis 27,1% finden sich auch in der internationalen Literatur wieder [5, 23, 52, 130, 132, 154, 145, 115]. Teils sind jedoch ebenfalls wesentlich höhere Prävalenzen von 31,1% bis 64,5% festgestellt worden [154, 104, 58, 39, 40, 117, 76, 107, 119].

Mögliche Erklärungen für die Divergenz der Ergebnisse wären die in den unterschiedlichen Ländern abweichenden Behandlungsmethoden,

Gesundheitssysteme, zahnmedizinischen Versorgungsmöglichkeiten sowie Alters- und Sozialstrukturen der Populationen.

Im Vergleich zu deutschen Studien fallen die Ergebnisse dieser Untersuchung deutlich besser aus. So finden sich sowohl bei Klimek et al. (56,9% / 45,9%) als auch bei Hülsmann et al. (59,1 %) und Weiger et al. (61 %) signifikant von dieser Studie abweichende Prävalenzen apikal erkrankter Zähne [122, 101, 198].

Bei der zahnbezogenen Untersuchung hinsichtlich des apikalen Status ist festzustellen, dass jahresübergreifend Unterkiefermolaren ($p=0,000$), Oberkieferfrontzähne ($p=0,002$) und Unterkieferpraemolaren ($p=0,016$) statistisch relevant mit einer apikalen Parodontitis assoziiert werden konnten. Eine evidenzbasierte Erklärung für diesen Sachverhalt lässt sich nicht eindeutig formulieren, zudem die Prognose wurzelkanalbehandelter Zähne zwischen Ober- und Unterkiefer laut Metaanalysen von Ng et al. und Basmadjian-Charles et al. mehrheitlich keine Unterschiede aufwies [143, 11]. Auch der Erklärungsansatz, dass mehrwurzelige Zähne im Vergleich zu einwurzeligen eine komplexere Wurzelkanalanatomie aufweisen und deshalb eventuell in einer höheren Prävalenz der apikalen Parodontitis resultieren, konnte sich laut einer Untersuchung von Chandra et al. mehrheitlich nicht bestätigen [27]. Laut Tronstad et al. zeigen Untersuchungen, dass dreiwurzelige, endodontisch behandelte Zähne eine bessere Prognose aufweisen als zweiwurzelige und einwurzelige [190]. Eine weitere Möglichkeit der höheren Prävalenz apikaler Parodontitis in Unterkiefermolaren könnte in den zahlreichen Isthmen in dieser Zahngruppe und einer eventuell dadurch erhöhten Bakterienpersistenz liegen [196, 197]. Letztlich muss auch die Möglichkeit diskutiert werden, dass aufgrund der genannten Limitationen der Panoramaschichtaufnahme gerade die Beurteilung der Oberkieferzähne mit einer höheren Fehlinterpretation apikaler Strukturen einhergehen können und demnach eine Ergebnisverschiebung stattgefunden haben könnte.

6.2.6 Zusammenhänge zwischen der Prävalenz der apikalen Parodontitis und den Untersuchungskriterien

Für die Ausheilung der apikalen Parodontitis sind drei maßgebliche Faktoren von Bedeutung: Die signifikante Reduktion von Mikroorganismen im Zuge der Aufbereitung des Wurzelkanalsystems, die dichte und apikal abschließende Wurzelfüllung und ein bakteriendichter koronaler Verschluss der Zugangskavität [43]. Zur Aufbereitungstechnik, der adäquaten Spülung und medikamentösen Einlage kann aus bereits genannten Gründen keine Aussage getroffen werden. Auch die in beiden Untersuchungsjahren selten beobachteten Aufbereitungsfehler lieferten keine signifikanten Ergebnisse. Untersuchungen und Metaanalysen konnten überdies keine signifikant verminderte Heilungstendenz bei beispielsweise frakturierten Wurzelkanalinstrumenten feststellen [147, 182].

Die Länge und Homogenität der Wurzelfüllung haben ohne Zweifel einen Einfluss auf die Prognose des wurzelkanalbehandelten Zahnes [11, 137, 144, 147]. In der Literatur wird die optimale Länge der Wurzelfüllung allgemein am Apex bündig oder kurz oberhalb abschließend angesehen [62, 43]. In dieser Untersuchung zeigte sich sowohl im Jahr 2003 und 2011, dass bis maximal 1 mm vom Apex abschließende Wurzelfüllungen den signifikant höchsten Anteil gesunder Zähne aufwiesen (2003: 78,04 %; 2011: 83,83 %), gefolgt von zu kurzen (2003: 70,72 %; 2011: 70,11 %) und zu langen Wurzelfüllungen (2003: 50,00 %; 2011: 63,93 %).

Diese Ergebnisse decken sich mit den Werten aus anderen Studien, in denen Erfolgsquoten von 70% - 100% bei optimaler Länge der Wurzelfüllung, von 57% - 95% bei zu kurzen Füllungen und von 50% - 90% bei Überfüllungen eruiert wurden [120, 114, 184, 137, 75, 154, 8].

Die Homogenität und Dichtigkeit der Wurzelfüllungen zeigt in dieser Studie einen signifikanten Zusammenhang zur Prävalenz der apikalen Parodontitis. Sowohl 2003 als auch 2011 waren dicht und homogen gefüllte Zähne seltener erkrankt als solche mit undichter und inhomogener Kompaktion. Auch diese Ergebnisse sind konform mit Erkenntnissen aus anderen Studien, bei denen die Relevanz einer dichten Wurzelfüllung für die Ausheilung der apikalen Parodontitis eruiert wurde [161, 31, 178, 191]. Dass ein bakteriendichter Verschluss der Zugangskavität des endodontisch behandelten Zahns von Bedeutung ist, wurde bereits in vielfachen Studien untersucht

und nachgewiesen [118, 95, 158, 32, 178, 191, 118, 120, 95, 121]. Ray und Trope sehen die Qualität der restaurativen Versorgung prognostisch wichtiger als die Qualität der Wurzelfüllung [158]. Andere Autoren wie Sidaravicius et al. und Chugal et al. konnten zwar einen Zusammenhang zwischen der Prävalenz apikaler Parodontitis und der Qualität der Restauration und Wurzelfüllung feststellen, allerdings nicht mit einer solchen Signifikanz wie Ray und Trope [177, 32]. In einer Metaanalyse konnte Gillen et al. wiederum keine statistisch signifikanten Unterschiede bei dem Vergleich der Kombination aus schlechter Wurzelfüllung und guter koronaler Versorgung feststellen [77]. Siqueira et al. und Tronstad et al. sehen in ihren Studien in der adäquaten Wurzelfüllung eine höhere Relevanz bezüglich der Heilungstendenz apikal erkrankter Zähne als in der Dichtigkeit der koronalen Restauration [178, 191].

Die Untersuchung der Art und Qualität der koronalen Versorgungen und der Prävalenz der apikalen Parodontitis zeigte in beiden Studienjahren ähnliche Tendenzen. Zähne ohne eine Deckfüllung hatten im Vergleich zu Zähnen mit Kronen-, Füllungs-, Teleskop- oder Brückenversorgungen sowohl 2003 als auch 2011 den häufigsten Anteil erkrankter Zähne zu verzeichnen. Im ersten Untersuchungsjahr waren 64,40 % und 2011 55,45 % der Zähne ohne koronale Restauration gesund. Die Art der koronalen Restauration hatte im Jahr 2003 keinen signifikanten Einfluss auf die Prävalenz apikaler Aufhellungen ($p=0,614$), im Jahr 2011 war ein signifikanter Einfluss zu erkennen ($p=0,032$). Chugal et al. konnte ebenfalls keinen signifikanten Unterschied in der Prognose wurzelbehandelter Zähne bezüglich der Art der Restauration beobachten [32].

Die Qualität der koronalen Restauration bezüglich der Randundichtigkeit wies eindeutige Ergebnisse in beiden Studienjahren auf. Röntgenologisch als undicht beurteilte Restaurationsränder hatten sowohl 2003 als auch 2011 eine signifikant höhere Prävalenz zu apikaler Parodontitis als dichte Restaurationen (2003: $p=0,000$, 2011: $p=0,000$). 2003 waren 75,56 % und 2011 77,12% der Zähne mit dichter koronaler Versorgung apikal unauffällig. Undichte Restaurationen waren hingegen mit einem Anteil von nur 66,32 % im Jahr 2003 und einem Anteil von 69,18 % im Jahr 2011 gesund. Diese Ergebnisse sind kritisch zu bewerten, da wie bereits erwähnt, keine klinische Untersuchung der Restaurationen durchgeführt wurde.

Bezüglich der wurzelbehandelten Zähne mit Stiftversorgung zeigte sich in vorliegender Untersuchung, dass unabhängig der Jahre 2003 und 2011, etwa zwei

Drittel der Zähne mit Wurzelstift gesund waren und ein Drittel einen PAI von 3, 4 oder 5 aufwiesen. Die Prävalenz der apikalen Parodontitis war bei Wurzelstiftversorgungen im Jahr 2003 (26,65 %) etwas geringer als ohne eine solche (28,27 %). Im Jahr 2011 waren hingegen 26,64 % der Zähne mit und 25,65 ohne Wurzelstift apikal erkrankt. Die Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren waren nicht statistisch signifikant (2003: $p=0,064$, 2011: $p=0,431$). In anderen Untersuchungen lässt sich allerdings eine Korrelation zwischen der Anwesenheit der apikalen Parodontitis und der Versorgung mit Wurzelstiften feststellen [110, 53].

Die Ergebnisse dieser Studie demonstrieren einen hohen Bedarf an Optimierungsmaßnahmen der endodontischen Behandlung. Die Erforschung verbesserter Therapiemethoden, neuer Medikamente und Materialien muss in erster Linie dem Ziel dienen, apikale Entzündungen zu heilen und somit die Erfolgsaussichten der Wurzelbehandlung zu verbessern. Vor dem Hintergrund teils stagnierender Erfolge in der Endodontie ist die Überarbeitung von Einflussfaktoren durch Kliniken und Forschungseinrichtungen und die Übertragung evidenzbasierter Ergebnisse auf Leitlinien unabdingbar und neu zu bewerten. Neue Erkenntnisse in der Endodontie sollte jeder Behandler durch Umsetzung entsprechender Arbeitsweisen und Abläufe in die Praxis integrieren, um zu einer flächendeckenden Verbesserung des periapikalen Status und somit der Gesundheit der Patienten beizusteuern.

7. Schlussfolgerung

Die in der Zielsetzung formulierten Fragen lassen sich abschließend wie folgt beantworten:

1. Zwischen den Jahren 2003 und 2011 ist eine Verbesserung in der Qualität der Wurzelfüllungen zu verzeichnen. Die Anzahl der homogenen und dichten und in adäquater Länge wurzelgefüllten Zähne hat sich, trotz Anlegen einer sehr strengen Grenze von nur 1mm Abweichung der Wurzelfüllung zum röntgenologischen Apex erhöht. Dennoch ist in beiden Jahren eine hohe Anzahl inhomogener und zu kurzer Wurzelfüllungen zu beobachten.
2. Zwischen 2003 und 2011 ist eine Zunahme der Prävalenz der Wurzelfüllungen und der apikalen Parodontitis an allen Zähnen festzustellen. Wurzelkanal-behandelte Zähne hatten allerdings 2011 eine geringere Prävalenz an apikaler Parodontitis als 2003.
3. Der Großteil der wurzelkanalgefüllten Zähne war sowohl 2003 als auch 2011 koronal versorgt. Es ist in beiden Jahren röntgenologisch ein hoher Anteil insuffizienter koronaler Versorgungen festgestellt worden. Die Qualität der Restaurationen hinsichtlich der radiologischen Randdichtigkeit hat sich jedoch zwischen 2003 und 2011 verbessert. Die Prävalenz von Wurzelstift-versorgungen ist gesunken.
4. Undichte und inhomogene Wurzelfüllungen waren in beiden Untersuchungs-jahren signifikant häufiger mit einem PAI von 3-5 assoziiert als dichte und homogene. Zähne mit adäquaten Wurzelfüllungslängen hatten den geringsten Anteil apikaler Parodontitiden, gefolgt von denen mit zu kurzen und zu langen Wurzelfüllungen. Zähne ohne Deckfüllung oder mit mangelhafter Qualität waren signifikant mit einer höheren Prävalenz apikaler Parodontitis assoziiert. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen einer Stiftverankerung und dem apikalen Status eruiert werden.

5. Die Anzahl von Aufbereitungsfehlern ist im Jahr 2011 im Vergleich zu 2003 zurückgegangen. Aufgrund der geringen Anzahl von unter 5% am Untersuchungskollektiv konnte keine statistische Signifikanz berechnet werden.

8. Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden epidemiologischen Querschnittstudie war die Untersuchung der Qualität von Wurzelkanalbehandlungen und der Prävalenz der apikalen Parodontitis in den Jahren 2003 und 2011 anhand von Panoramaschichtaufnahmen. Es sollte darüber hinaus der Einfluss der Untersuchungsparameter auf den apikalen Status eruiert werden.

Es wurden 2003 insgesamt 1357 OPGs und damit 32857 Zähne in die Studie aufgenommen. Im Jahr 2011 wurden 1454 Röntgenbilder mit insgesamt 33403 Zähnen gezählt. Das Patientenalter lag gemittelt im Jahr 2003 bei 47,21 Jahren und 2011 bei 53,65 Jahren.

2003 wurden 2057 und im zweiten Untersuchungsjahr 2656 Wurzelfüllungen gezählt. Im Durchschnitt hatte im ersten Studienjahr ein Patient 1,52 Wurzelfüllungen und 0,97 apikale Parodontitiden, 2011 waren es pro Patient 1,83 Wurzelfüllungen und 1,16 apikale Parodontitiden.

Unabhängig vom Untersuchungsjahr wurden im Oberkiefer die meisten Wurzelkanalbehandlungen bei Frontzähnen, im Unterkiefer bei Molaren festgestellt. Oberkieferkieferfrontzähne hatten die geringste Prävalenz einer apikalen Parodontitis, Unterkiefermolaren die höchste Prävalenz. Zähne des Oberkiefers waren insgesamt seltener von apikaler Parodontitis betroffen als Unterkieferzähne.

Der Anteil dichter und homogener Wurzelfüllungen ist von 2003 (36,36 %) auf 2011 (61,11 %) signifikant gestiegen, ebenso die adäquate Länge (2003: 32,57%; 2011: 38,22 %). Weiterhin wurde in beiden Populationen ein hoher Anteil inhomogener (2003: 63,20%; 2011: 38,78 %) und zu kurzer (2003: 60,06%; 2011: 55,57%) Wurzelfüllungen diagnostiziert.

Der Anteil apikaler Parodontitis bei wurzelkanalbehandelten Zähnen lag im Jahr 2003 bei 26,84% und 2011 bei 24,96%.

Jahresübergreifend kann festgestellt werden, dass weibliche Patienten statistisch signifikant mit einer apikalen Parodontitis assoziiert waren ($p=0,006$), ebenso wie Zähne die wurzelgefüllt waren ($p=0,000$), zu kurz ($p=0,009$) oder zu lang ($p=0,000$) abgefüllt wurden und Undichtigkeiten ($p=0,000$) aufwiesen. Eine schlechte Qualität

der koronalen Versorgung hatte jahresübergreifend einen statistisch relevanten Einfluss auf den periapikalen Status ($p=0,000$).

In den Jahren 2003, 2011 und jahresübergreifend konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Altersklasse oder der Art der koronalen Versorgung und einer apikalen Parodontitis festgestellt werden.

Die Prävalenz von Wurzelstiftversorgungen war rückläufig (2003: 34,56%, 2011: 27,07%). Es konnte zwischen der Stiftverankerung und der Prävalenz der apikalen Parodontitis kein signifikanter Einfluss festgestellt werden (2003: $p=0,064$, 2011: $p=0,431$).

Die Ergebnisse der Studie weisen insgesamt eine Verbesserung in der Qualität der Wurzelkanalfüllung und der koronalen Restauration zwischen dem Jahr 2003 und 2011 auf. Es ist jedoch weiterhin ein hoher Anteil inhomogener Wurzelfüllungen und in inadäquater Länge abgefüllter Wurzelkanäle zu beobachten. Die Prävalenz der apikalen Parodontitis ist insgesamt, bei Miteinbeziehung der nicht wurzelkanal-behandelten Zähne, gestiegen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen die Aussagen früherer Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Qualität der Wurzelfüllung und der koronalen Restauration auf die Prävalenz der apikalen Parodontitis und verdeutlichen die Notwendigkeit nach weiteren Verbesserungen in der endodontischen Versorgung.

9. Literaturverzeichnis

1. AAE, Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. J Endod, 2009. 35:1634.
2. Abbott, P., V., Classification, diagnosis and clinical manifestations of apical periodontitis. Endodontic Topics, July 2004. Volume 8(Issue 1): p. pages 36-54.
3. Ahlqwist M, H.A., Hollender L., Rotational panoramic radiography in epidemiological studies of dental health. Comparison between panoramic radiographs and intraoral full mouth surveys. Swed Dent J, 1986. 10(1-2):73-84.
4. Åkesson, L., et al., Comparison between panoramic and posterior bitewing radiography in the diagnosis of periodontal bone loss. Journal of Dentistry, 1989. 17(6): p. 266-271.
5. Allard, U., Palmqvist, S.,, A radiographic survey of periapical conditions in elderly people in a Swedish country population. Endod Dent Traumatol, 1986. 2: 103-108.
6. Allison, D.A., C.R. Weber, and R.E. Walton, The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. Journal of endodontics, 1979. 5(10): p. 298-304.
7. Al-Omari, M.A., A. Hazaa, and F. Haddad, Frequency and distribution of root filled teeth and apical periodontitis in a Jordanian subpopulation. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics, 2011. 111(1): p. e59-e65.
8. Balto, H., Al Khalifah,Sh., Al Mugairin, S., Al Deeb,M., Al-Madi,E., , Technical quality of root fillings performed by undergraduate students in Saudi

Arabia. International Endodontic Journal, April 2010. Volume 43(Issue 4): p. pages 292-300.

9. Barcellos, R.R., et al., Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra-radicular post: The effects of post system and dentine thickness. Journal of Biomechanics, 2013. 46(15): p. 2572-2577.
10. Barthel, C.R., S. Zimmer, and M. Trope, Relationship of Radiologic and Histologic Signs of Inflammation in Human Root-filled Teeth. Journal of endodontics, 2004. 30(2): p. 75-79.
11. Basmadjian-Charles, C.L., et al., Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. International Dental Journal, 2002. 52(2): p. 81-86.
12. Baumann, M.A., R. Beer Farbatlanten der Zahnmedizin-Endodontologie (ISBN 9783137257028). 2007 Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart. S. 2-6
13. Baumann, M. A., Beer, R.: Farbatlanten der Zahnmedizin-Endodontologie (ISBN 9783137257028), 2007 Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, S. 14-26
14. Bender, I.B., Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. Journal of endodontics, 1997. 23(1): p. 5-14.
15. Bender, I.B. and S. Seltzer, Roentgenographic and Direct Observation of Experimental Lesions in Bone: II. Journal of endodontics, 2003. 29(11): p. 707-712.
16. Bender, I.B. and S. Seltzer, Roentgenographic and Direct Observation of Experimental Lesions in Bone: I. Journal of endodontics, 2003. 29(11): p. 702-706.

17. Bender, I.B., S. Seltzer, and W. Soltanoff, Endodontic success—A reappraisal of criteria: Part I. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1966. 22(6): p. 780-789.
18. Bender, I.B., S. Seltzer, and W. Soltanoff, Endodontic success-A reappraisal of criteria: Part II. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1966. 22(6): p. 790-802.
19. Bergström, J., Eliasson, S., Ahlberg, KF., Periapical status in subjects with regular dental care habits. Community Dent Oral Epidemiol, 1987. 15: 236-239.
20. Bergenholtz G, M.E., Milthorpe R., Endodontic treatment and periapical state. II. Radiologic evaluation of quality of root fillings in relation to frequency of periapical lesions. Tandlakartidningen, 1973. 65: 269-279.
21. Bitter, K., Meyer-Lueckel, H., Fotiadis, N., Blunck, U., Neumann, K., Kielbassa, A. M., Paris, S., Influence of endodontic treatment, post insertion, and ceramic restoration on the fracture resistance of maxillary premolars. International Endodontic Journal, June 2010. Volume 43(Issue 6): p. pages 469-477.
22. Bjørndal, L., Dentin and pulp reactions to caries and operative treatment: biological variables affecting treatment outcome. Endodontic Topics, 2002. 2(1): p. 10-23.
23. Boltacz-Rzepkowska E, P.H., Radiographic features and outcome of root canal treatment carried out in the Lodz region of Poland. Int Endod J, 2003. 36: 27-32.
24. Boucher, Y., et al., Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. International Endodontic Journal, 2002. 35(3): p. 229-238.

25. Buckley, M. and L.S.W. Spangberg, The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 1995. 79(1): p. 92-100.
26. Cantatore, G., E. Berutti, and A. Castellucci, Missed anatomy: frequency and clinical impact. *Endodontic Topics*, 2006. 15(1): p. 3-31.
27. Chandra, A., Discuss the factors that affect the outcome of endodontic treatment. *Australian Endodontic Journal*, 2009. 35(2): p. 98-107.
28. Chen, S.-C., et al., An Epidemiologic Study of Tooth Retention After Nonsurgical Endodontic Treatment in a Large Population in Taiwan. *Journal of endodontics*, 2007. 33(3): p. 226-229.
29. Cheng, L., et al., A comparative analysis of periapical radiography and cone-beam computerized tomography for the evaluation of endodontic obturation length. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2011. 112(3): p. 383-389.
30. Chugal, N.M., J.M. Clive, and L.S.W. Spångberg, A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2001. 91(3): p. 342-352.
31. Chugal, N.M., J.M. Clive, and L.S.W. Spångberg, Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2003. 96(1): p. 81-90.
32. Chugal, N.M., J.M. Clive, and L.S.W. Spångberg, Endodontic treatment outcome: effect of the permanent restoration. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2007. 104(4): p. 576-582.

33. Cochrane AL. s. , Effectiveness and Efficiency : Random Reflections on Health Service. London: Nuffield Provincial Hospitals Trust, 1972. Reprinted in 1989 in association with the BMJ. Reprinted in 1999 for Nuffield Trust by the Royal Society of Medicine Press, London, ISBN 1-85315-394-X. (temporarily out of print; new edition scheduled for early 2013).
34. Cotti, E. and G. Campisi, Advanced radiographic techniques for the detection of lesions in bone. *Endodontic Topics*, 2004. 7(1): p. 52-72.
35. Cotton, T.P., et al., Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. *Journal of endodontics*, 2007. 33(9): p. 1121-1132.
36. Cruse, W.P. and R. Bellizzi, A historic review of endodontics, 1689–1963, part 1. *Journal of endodontics*, 1980. 6(3): p. 495-499.
37. Cruse, W.P. and R. Bellizzi, A historic review of endodontics, 1689-1963, part 2. *Journal of endodontics*, 1980. 6(4): p. 532-535.
38. Dammaschke, T., et al., Long-term Survival of Root-canal–treated Teeth: A Retrospective Study Over 10 Years. *Journal of endodontics*, 2003. 29(10): p. 638-643.
39. De Cleen MJ, S.A., Wesselink PR, Wu MK., Periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Dutch population. *Int Endod J*, 1993 Mar. 26(2):112-9.
40. De Moor RJ, H.G., De Boever JG, Delmé KI, Martens GE., Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J.*, 2000 Mar. 33(2):113-20.
41. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Epidemiologie, Leitlinien und Empfehlungen zur Sicherung von Guter Epidemiologischer Praxis (GEP),

Arbeitsgruppe Epidemiologische Methoden der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Epidemiologie (DAE). 2004.

42. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde, Deutsche Mundgesundheitsstudie- DMS IV- ein kurzer Überblick.
43. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde Wissenschaftliche Stellungnahme, „Good clinical practice“: Die Wurzelkanalbehandlung, Stellungnahme des Endodontie-Beirats der DGZ. 07/2007
44. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde Wissenschaftliche Stellungnahme zur Prognose der Wurzelkanalbehandlung. 11/00
45. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Die Wurzelkanalspülung, gemeinsame Stellungnahme der DGZMK und der DGZ, 2006
46. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde, Wissenschaftliche Mitteilung zu Zielen und Methoden der epidemiologischen Erfassung oraler Erkrankungen, Wissenschaftliche Mitteilung des Arbeitskreises Epidemiologie und Public Health in der DGZMK. 2010.
47. Diegues, L.L., et al., Correlation between clinical and histopathological diagnoses in periapical inflammatory lesions. Journal of Investigative and Clinical Dentistry, 2011. 2(3): p. 184-186.
48. Dugas NN, L.H., Teplitsky PE, Pharoah MJ, Friedman S. Periapical health and treatment quality assessment of root-filled teeth in two Canadian populations. International Endodontic Journal 2003. 36, 181-92.
49. Dummer, P.M.H., J.H. McGinn, and D.G. Rees, The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. International Endodontic Journal, 1984. 17(4): p. 192-198.

50. Eckerbom, M., J.-E. Andersson, and T. Magnusson, Interobserver variation in radiographic examination of endodontic variables. *Dental Traumatology*, 1986. 2(6): p. 243-246.
51. Eckerbom, M. and T. Magnusson, Evaluation of technical quality of endodontic treatment–reliability of intraoral radiographs. *Dental Traumatology*, 1997. 13(6): p. 259-264.
52. Eckerbom M, A.J., Magnusson T., Frequency and technical standard of endodontic treatment in a Swedish population. *Endod Dent Traumatol*, 1987. 3(5):245-8.
53. Eckerborn, M., Magnusson, T., Martinsson, T., Prevalance of apical periodontitis, crowned teeth and teeth with posts in a Swedish population. *Endod Dent Traumatol*, 1991. 7:214-20.
54. ElAyouti, A. e. a. (2014). "Apical Constriction: Location and Dimensions in Molars-A Micro-Computed Tomography Study." *Journal of endodontics* Volume 40, Issue 8 , 1095 - 1099
55. El karim, I., J. Kennedy, and D. Hussey, The antimicrobial effects of root canal irrigation and medication. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2007. 103(4): p. 560-569.
56. Elm von, E., A.D., Egger M, et al., Das Strengthening, the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE-) Statement. Leitlinien für das Berichten von Beobachtungsstudien . *Notfall+Rettungsmedizin*. ;11(4): 260-5., 2008.
57. Eriksen, H.M., L.-L. Kirkevang, and K. Petersson, Endodontic epidemiology and treatment outcome: general considerations. *Endodontic Topics*, 2002. 2(1): p. 1-9.

58. Eriksen HM, B.E., Ørstavik D., Prevalence and quality of endodontic treatment in an urban adult population in Norway. *Endod Dent Traumatol*, 1988. 4: 122-126.
59. Eriksen HM, B.E., Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in middleaged adults in Norway. . *Endod Dent Traumatol*, 1991. 7:1-4.
60. Eriksen HM, B.G., Hansen BF, Bjertness E., Changes in endodontic status among 35-Year-Olds Oslo. Norway. *Int Endod J* 1995. 1973-93: 28: 129-132.
61. Estrela, C., et al., Prevalence and risk factors of apical periodontitis in endodontically treated teeth in a selected population of Brazilian adults. *Brazilian Dental Journal*, 2008. 19: p. 34-39.
62. European Society of, E., Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(12): p. 921-930.
63. Falk, K.W. and C.M. Sedgley, The Influence of Preparation Size on the Mechanical Efficacy of Root Canal Irrigation In Vitro. *Journal of endodontics*, 2005. 31(10): p. 742-745.
64. Farber, P.A. and S. Seltzer, Endodontic microbiology. I. Etiology. *Journal of endodontics*, 1988. 14(7): p. 363-371.
65. Farman, A.G., R.H. Vandre, and R.L. Webber, Future trends in dental radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1995. 80(4): p. 471-478.
66. Figdor, D. and K. Gulabivala, Survival against the odds: microbiology of root canals associated with post-treatment disease. *Endodontic Topics*, 2008. 18(1): p. 62-77.

67. Figini, L., et al., Single versus Multiple Visits for Endodontic Treatment of Permanent Teeth: A Cochrane Systematic Review. *Journal of endodontics*, 2008. 34(9): p. 1041-1047.
68. Fleming, C.H., et al., Comparison of Classic Endodontic Techniques versus Contemporary Techniques on Endodontic Treatment Success. *Journal of endodontics*, 2010. 36(3): p. 414-418.
69. Flint, D.J., et al., A diagnostic comparison of panoramic and intraoral radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1998. 85(6): p. 731-735.
70. Fracassi, L., et al., Evaluation of the quality of different endodontic obturation techniques by digital radiography. *Clinical Oral Investigations*: p. 1-7.
71. Freitag V, W.O., Vergleichende Bewertung periapikaler Befunde auf Zahnfilmen und Orthopantomogrammen. *Dtsch Zahnärztl Z*, 1984. 39:173-177.
72. Friedman, S., Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics*, 2002. 2(1): p. 59-88.
73. Friedman, S., S. Abitbol, and H.P. Lawrence, Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study. Phase 1: Initial Treatment. *Journal of endodontics*, 2003. 29(12): p. 787-793.
74. Friedman S, M., C., The success of endodontic therapy-healing and functionality. *J Calif Dent Assoc* 2004; 32:493–503. In: Salehrabi, Endodontic Treatment Outcomes in a Large Patient Population in the USA: An Epidemiological Study. *Journal of endodontics*, 2004. 30(12): p. 846-850.

75. Frisk, F., A. Hugoson, and M. Hakeberg, Technical quality of root fillings and periapical status in root filled teeth in Jönköping, Sweden. *International Endodontic Journal*, 2008. 41(11): p. 958-968.
76. Georgopoulou, M.K., et al., Frequency and distribution of root filled teeth and apical periodontitis in a Greek population. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(2): p. 105-111.
77. Gillen, B.M., et al., Impact of the Quality of Coronal Restoration versus the Quality of Root Canal Fillings on Success of Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of endodontics*, 2011. 37(7): p. 895-902.
78. Gómez-Polo, M., et al., A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal prefabricated posts versus cast metal posts and cores. *Journal of Dentistry*, 2010. 38(11): p. 916-920.
79. Goodacre, C.J., et al., Clinical complications in fixed prosthodontics. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2003. 90(1): p. 31-41.
80. Grasser, H., Comparison of orthopantomographs and dental films in the diagnosis of interdental caries and apical osteitis. *Dtsch Zahnärztl Z*, 1987. 42:818-821.
81. Gray, J., Evidence-based healthcare: how to make health policy and management decisions. 1997 London: Churchill Livingstone.
82. Groß, U., Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie (ISBN 978-3-13-141653-7). 2013 Georg Thieme Verlag KG, S. 32-34.
83. Grossman, L.I., A brief history of endodontics. *Journal of endodontics*, 1982. 8, Supplement(0): p. S36-S40.

84. Gulsahi, K., et al., Frequency of root-filled teeth and prevalence of apical periodontitis in an adult Turkish population. *International Endodontic Journal*, 2008. 41(1): p. 78-85.
85. Haapasalo, M., Y.A. Shen, and D. Ricucci, Reasons for persistent and emerging post-treatment endodontic disease. *Endodontic Topics*, 2008. 18(1): p. 31-50.
86. Heppeler, J., Hülsmann, M., Prevalence of root canal fillings, apikal periodontitis and endodontic treatment needs in a selected German population in 1994 and 2004. *Endo Quintessence Publishing*, 2010. 4 (No. 3 (20.09.2010)): p. 189-200.
87. Hellwig, E., J. Klimek, T. Attin : Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4), 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S. 320-322
88. Hellwig, E., J. Klimek, T. Attin : Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4) 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S. 324-328
89. Hellwig, E., Klimek, J.T., Attin Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4). 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S. 351-352.
90. Hellwig, E., J. Klimek, T. Attin : Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4), 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S. 386-395
91. Hellwig, E., J. Klimek, T. Attin : Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4), 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S. 396-397
92. Hellwig, E., J. Klimek, T. Attin : Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4) 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S 399-402
93. Hellwig, E., J. Klimek, T. Attin : Einführung in die Zahnerhaltung (ISBN 978-3-7691-3371-4) 2009 Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln, S. 422-423

94. Hess, W., W.H. Dolamore, and E. Zürcher, The anatomy of the root-canals of the teeth of the permanent dentition 1925, New York: Wm. Wood & co. 2 p. L., iii-vii, 199 p. incl. plates.
95. Hommeez, G.M.G., C.R.M. Coppens, and R.J.G. De Moor, Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *International Endodontic Journal*, 2002. 35(8): p. 680-689.
96. Hørsted-Bindslev, P. and H. Løvschall, Treatment outcome of vital pulp treatment. *Endodontic Topics*, 2002. 2(1): p. 24-34.
97. Hoskinson, S.E., et al., A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2002. 93(6): p. 705-715.
98. Hülsmann, M., Checklisten der Zahnmedizin- Endodontie (ISBN 9783131382511). Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart 2008. S. 1
99. Hülsmann, M., G. Gressmann, and F. Schäfers, A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *International Endodontic Journal*, 2003. 36(5): p. 358-366.
100. Hülsmann, M., O.A. Peters, and P.M.H. Dummer, Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*, 2005. 10(1): p. 30-76.
101. Hülsmann M, S.S., Veränderung in Bezug auf Häufigkeit und Qualität der endodontischen Versorgung 1976-1993. *Dtsch Zahnärztl Z*, 1998. 53: p. 392-397.
102. Hurrelmann, K., Razum, T.O.: , Handbuch - Gesundheitswissenschaften, 5. vollständig überarbeitete Auflage(ISBN: 978-3-7799-0797-8), 2012 Beltz Juventa, Weinheim und Basel S. 275- 323.

103. Huumonen, S. and D. Ørstavik, Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics*, 2002. 1(1): p. 3-25.
104. Imfeld, T., Prevalence and quality of endodontic treatment in an elderly urban population of Switzerland. *J Endod*, 1991. 17:604-607.
105. Imura, N., et al., The Outcome of Endodontic Treatment: A Retrospective Study of 2000 Cases Performed by a Specialist. *Journal of endodontics*, 2007. 33(11): p. 1278-1282.
106. Jafarzadeh, H. and Y.-N. Wu, The C-shaped Root Canal Configuration: A Review. *Journal of endodontics*, 2007. 33(5): p. 517-523.
107. Jiménez-Pinzón, A., et al., Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult Spanish population. *International Endodontic Journal*, 2004. 37(3): p. 167-173.
108. Jin, G.-C., S.-J. Lee, and B.-D. Roh, Anatomical Study of C-Shaped Canals in Mandibular Second Molars by Analysis of Computed Tomography. *Journal of endodontics*, 2006. 32(1): p. 10-13.
109. Kabak, Y. and P.V. Abbott, Prevalence of apical periodontitis and the quality of endodontic treatment in an adult Belarusian population. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(4): p. 238-245.
110. Kayahan, M.B., et al., Periapical health related to the type of coronal restorations and quality of root canal fillings in a Turkish subpopulation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2008. 105(1): p. e58-e62.
111. Kerekes, K., Radiographoc assessment of an endodontic treatment method. *J Endod*, 1978. 4: 210-213.

112. Kerekes, K. and L. Tronstad, Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *Journal of endodontics*, 1979. 5(3): p. 83-90.
113. Kersten HW, W.P., Thoden van Velzen SK., The diagnostic reliability of the buccal radiograph after root canal filling. *Int Endod J*, 1987. 20(1):20-4.
114. Khabbaz, M.G., E. Protogerou, and E. Douka, Radiographic quality of root fillings performed by undergraduate students. *International Endodontic Journal*, 2010. 43(6): p. 499-508.
115. Kim, S., Prevalence of apical periodontitis of root canal-treated teeth and retrospective evaluation of symptom-related prognostic factors in an urban South Korean population. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2010. 110(6): p. 795-799.
116. Kirkevang, L.L., et al., A comparison of the quality of root canal treatment in two Danish subpopulations examined 1974–75 and 1997–98. *International Endodontic Journal*, 2001. 34(8): p. 607-612.
117. Kirkevang, L.L., et al., Frequency and distribution of endodontically treated teeth and apical periodontitis in an urban Danish population. *International Endodontic Journal*, 2001. 34(3): p. 198-205.
118. Kirkevang, L.L., et al., Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *International Endodontic Journal*, 2000. 33(6): p. 509-515.
119. Kirkevang, L.L., et al., Longitudinal study of periapical and endodontic status in a Danish population. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(2): p. 100-107.

120. Kirkevang, L.-L. and P. Hørsted-Bindslev, Technical aspects of treatment in relation to treatment outcome. *Endodontic Topics*, 2002. 2(1): p. 89-102.
121. Kirkevang, L.-L. and A. Wenzel, Risk indicators for apical periodontitis. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 2003. 31(1): p. 59-67.
122. Klimek, J., Koçkapan, C., Borchert, J., Häufigkeit und Qualität von Wurzelkanalfüllungen in den Jahren 1983 und 1991. *Deutsche Zahnärztliche Zeitung*, 1995. 50: p. 154-156.
123. Kojima, K., et al., Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2004. 97(1): p. 95-99.
124. Kullendorff, B., M. Nilsson, and M. Rohlin, Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions: Overall comparison between conventional and direct digital radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 1996. 82(3): p. 344-350.
125. Lambrecht, J.T., J. Roth, and H.P. Kiefer, Dose exposition from intra- and extraoral dental radiography. *International Congress Series*, 2004. 1268(0): p. 1147-1151.
126. Lambrianidis, T., Observer variations in radiographic evaluation of endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol*, 1985. 1: 235-241.
127. Landis, J.R., Koch, G., G., The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 1977. 33(1): p. 159-174.
128. Lazarski, M.P., et al., Epidemiological Evaluation of the Outcomes of Nonsurgical Root Canal Treatment in a Large Cohort of Insured Dental Patients. *Journal of endodontics*, 2001. 27(12): p. 791-796.

129. Leoni, G.B., et al., Micro-computed Tomographic Analysis of the Root Canal Morphology of Mandibular Incisors. *Journal of endodontics*, 2013(0).
130. Loftus, J.J., A.P. Keating, and B.E. McCartan, Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(2): p. 81-86.
131. Lupi-Pegurier, L., et al., Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *International Endodontic Journal*, 2002. 35(8): p. 690-697.
132. Marques, Moreira, and Eriksen, Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an adult, Portuguese population. *International Endodontic Journal*, 1998. 31(3): p. 161-165.
133. Moher D, S.K., Altman DG. , Das CONSORT Statement. *Dtsch Med Wochenschr* 129:T16-20., 2004.
134. Molander B, A.M., Gröndahl HG, Hollender L., Comparison of panoramic and intraoral radiography for the diagnosis of caries and periapical pathology. *Dentomaxillofac Radiol*, 1993. 22(1):28-32.
135. Molven, O., The frequency, technical standard and results of endodontic Therapy. *Nor Tanniaegeforen Tid*, 1976. 86: 142-147.
136. Molven, O., A. Halse, and I. Fristad, Long-term reliability and observer comparisons in the radiographic diagnosis of periapical disease. *International Endodontic Journal*, 2002. 35(2): p. 142-147.
137. Moura, M.S., et al., Influence of Length of Root Canal Obturation on Apical Periodontitis Detected by Periapical Radiography and Cone Beam Computed Tomography. *Journal of endodontics*, 2009. 35(6): p. 805-809.

138. Muhammed, A.H. and L.R. Manson-Hing, A comparison of panoramic and intraoral radiographic surveys in evaluating a dental clinic population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1982. 54(1): p. 108-117.
139. Murad, M. and C. Murray, Impact of Retained Separated Endodontic Instruments during Root Canal Treatment on Clinical Outcomes Remains Uncertain. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 2011. 11(2): p. 87-88.
140. Nair, M.K. and U.P. Nair, Digital and Advanced Imaging in Endodontics: A Review. *Journal of endodontics*, 2007. 33(1): p. 1-6.
141. Nair, P.N.R., Pathogenesis of Apical Periodontitis and the Causes of Endodontic Failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 2004. 15(6): p. 348-381.
142. Ng, Y.-L., Mann,V., Gulabivala,K., , Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *International Endodontic Journal*, March 2010. Volume 43(Issue 3): p. pages 171-189.
143. Ng, Y.L., et al., Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal*, 2008. 41(1): p. 6-31.
144. Nitzan, D.W., Stabholz, A., Azaz, B., Concepts of accidental overfilling and over instrumentation in the mandibular canal during root canal treatment. *Journal of endodontics*, 1983. 9(2): p. 81-85.
145. Ödesjö, B., Helldén, Leif, Salonen, Lars, Langeland, Kaare, Prevalence of previous endodontic treatment, technical standard and occurrence of periapical lesions in a randomly selected adult, general population. *Dental Traumatology*, 1990. 6(6): p. 265-272.

146. Ørstavik, D., K. Kerekes, and H.M. Eriksen, The periapical index: A scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Dental Traumatology*, 1986. 2(1): p. 20-34.
147. Ørstavik, D., V. Qvist, and K. Stoltze, A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. *European Journal of Oral Sciences*, 2004. 112(3): p. 224-230.
148. Panitvisai, P., et al., Impact of a Retained Instrument on Treatment Outcome: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of endodontics*, 2010. 36(5): p. 775-780.
149. Peng, L., et al., Outcome of Root Canal Obturation by Warm Gutta-Percha versus Cold Lateral Condensation: A Meta-analysis. *Journal of endodontics*, 2007. 33(2): p. 106-109.
150. Peters, C.I., D. Sonntag, and O.A. Peters, Homogeneity of root canal fillings performed by undergraduate students with warm vertical and cold lateral techniques. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2010. 110(3): p. e41-e49.
151. Peters, L.B., et al., Prevalence of apical periodontitis relative to endodontic treatment in an adult Dutch population: a repeated cross-sectional study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2011. 111(4): p. 523-528.
152. Peters, O.A., Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of endodontics*, 2004. 30(8): p. 559-567.
153. Petersson, A., et al., Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *International Endodontic Journal*, 2012. 45(9): p. 783-801.

154. Petersson, K., et al., Technical quality of root fillings in an adult Swedish population. *Dental Traumatology*, 1986. 2(3): p. 99-102.
155. Petersson K, H.R., Håkansson J, Olsson B, Wennberg A., Follow-up study of endodontic status in an adult Swedish population. *Endod Dent Traumatol*, 1991. 7(5):221-5.
156. Petersson K, L.B., Håkansson J, Olsson B, Wennberg and A., Endodontic status and suggested treatment in a population requiring substantial dental care. *Endod Dent Traumatol*, 1989. 5: 153-158.
157. Portenier, I., T.M.T. Waltimo, and M. Haapasalo, *Enterococcus faecalis*– the root canal survivor and ‘star’ in post-treatment disease. *Endodontic Topics*, 2003. 6(1): p. 135-159.
158. Ray, HA., T.M., Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*, 1995. 28: 12-8.
159. Reichelt, U., Quantitative Erhebung und semiquantitative bewertung von Wurzelkanalfüllungen eines Patientenkollektivs einer zahnärztlichen Praxis (PhD Theseis). University of Witten-Herdecke, Germany, 1996.
160. Reit C., H.L., Radiographic evaluation of endodontic therapy and the influence of observer variation. *Scand J Dent Res*, 1983; . 91: 205-12.
161. Ricucci, D. and G. Bergenholz, Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries – a histobacteriological study of treated cases. *International Endodontic Journal*, 2003. 36(11): p. 787-802.

162. Ridao-Sacie, C., et al., Radiological assessment of periapical status using the periapical index: comparison of periapical radiography and digital panoramic radiography. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(6): p. 433-440.
163. Rohlin M, K.B., Ahlqwist M, Stenström B., Observer performance in the assessment of periapical pathology: a comparison of panoramic with periapical radiography. *Dentomaxillofac Radiol*, 1991. 20(3):127-31.
164. Röther, U.J., *Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde* (ISBN: 978-3-43705550-8). 2006, Elsevier GmbH, Urban und Fischer Verlag, München.
165. Rotstein, I., R. Salehrabi, and J.L. Forrest, Endodontic Treatment Outcome: Survey of Oral Health Care Professionals. *Journal of endodontics*, 2006. 32(5): p. 399-403.
166. Rushton, M.N. and V.E. Rushton, A study to determine the added value of 740 screening panoramic radiographs compared to intraoral radiography in the management of adult (>18 years) dentate patients in a primary care setting. *Journal of Dentistry*, 2012. 40(8): p. 661-669.
167. Rushton, V.E. and K. Horner, The use of panoramic radiology in dental practice. *Journal of Dentistry*, 1996. 24(3): p. 185-201.
168. Sackett, D., Rosenberg, WMC., Gray, JAM., Haynes, RB., Richardson, WS., Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 312: 71-2 [3] 1996.
169. Salehrabi, R. and I. Rotstein, Endodontic Treatment Outcomes in a Large Patient Population in the USA: An Epidemiological Study. *Journal of endodontics*, 2004. 30(12): p. 846-850.

170. Santos, S.M.C., et al., Radiographic Parameters of Quality of Root Canal Fillings and Periapical Status: A Retrospective Cohort Study. *Journal of endodontics*, 2010. 36(12): p. 1932-1937.
171. Saunders WP, S.E., Sadiq J, Cruickshank E., Technical standard of root canal treatment in an adult Scottish sub-population. *Br Dent J*, 1997. 182: 382-386.
172. Schaeffer, M. A., et al. (2005). "Determining the Optimal Obturation Length: A Meta-Analysis of Literature." *Journal of endodontics* 31(4): 271-274.
173. Schilder, H., Filling Root Canals in Three Dimensions. *Journal of endodontics*, 2006. 32(4): p. 281-290.
174. Schulte, A., et al., Prevalence and quality of root canal fillings in a German adult population. *Clinical Oral Investigations*, 1998. 2(2): p. 67-72.
175. Segura-Egea, J.J., et al., Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *International Endodontic Journal*, 2004. 37(8): p. 525-530.
176. Seltzer, S., Long-term radiographic and histological observations of endodontically treated teeth. *J Endod*, 1999. 25(12):818-22.
177. Sidaravicius, B., J. Aleksejuniene, and H.M. Eriksen, Endodontic treatment and prevalence of apical periodontitis in an adult population of Vilnius, Lithuania. *Dental Traumatology*, 1999. 15(5): p. 210-215.
178. Siqueira, J.F., et al., Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2005. 100(3): p. 369-374.

179. Sjögren, U., et al., Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 1990. 16(10): p. 498-504.
180. Skudutyte-Rysstad, R. and H.M. Eriksen, Endodontic status amongst 35-year-old Oslo citizens and changes over a 30-year period. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(8): p. 637-642.
181. Soikkonen, K., Endodontically treated teeth and periapical findings in the elderly. *Int Endod J*, 1995. 28: 200-203.
182. Spångberg, L.S.W. and M. Haapasalo, Rationale and efficacy of root canal medicaments and root filling materials with emphasis on treatment outcome. *Endodontic Topics*, 2002. 2(1): p. 35-58.
183. Spili, P., P. Parashos, and H.H. Messer, The Impact of Instrument Fracture on Outcome of Endodontic Treatment. *Journal of endodontics*, 2005. 31(12): p. 845-850.
184. Statistisches Bundesamt, *Periodensterbetafeln für Deutschland*, 2012
185. Stoll, R., K. Betke, and V. Stachniss, The Influence of Different Factors on the Survival of Root Canal Fillings: A 10-Year Retrospective Study. *Journal of endodontics*, 2005. 31(11): p. 783-790.
186. Streletz E, T.H., Hücke HP, Lange DE., Die diagnostische Sicherheit von OPG und Röntgenstatus in Bezug auf den intraoperativen Befund. *Dtsch Zahnärztl Z* 1989. 44:382-386.
187. Tanomaru-Filho, M., et al., Comparative radiographic and histological analyses of periapical lesion development. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009. 107(3): p. 442-447.

188. Tavares, P.B.L., et al., Prevalence of Apical Periodontitis in Root Canal–Treated Teeth From an Urban French Population: Influence of the Quality of Root Canal Fillings and Coronal Restorations. *Journal of endodontics*, 2009. 35(6): p. 810-813.
189. Torabinejad, M., et al., Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2007. 98(4): p. 285-311.
190. Tronstad, L., *Clinical Endodontics: A Textbook*, 2nd. ed.,. Stuttgart: Thieme, 2003.
191. Tronstad, L., et al., Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Dental Traumatology*, 2000. 16(5): p. 218-221.
192. Trowbridge, H.O., Pathogenesis of pulpitis resulting from dental caries. *Journal of endodontics*, 1981. 7(2): p. 52-60.
193. Tsuneishi, M., et al., Radiographic evaluation of periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Japanese population. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 2005. 100(5): p. 631-635.
194. Valachovic, R.W., et al., The use of panoramic radiography in the evaluation of asymptomatic adult dental patients. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1986. 61(3): p. 289-296.
195. Versteeg, C.H., G.C.H. Sanderink, and P.F. van der Stelt, Efficacy of digital intra-oral radiography in clinical dentistry. *Journal of Dentistry*, 1997. 25(3–4): p. 215-224.

196. Vertucci, F.J., Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1984. 58(5): p. 589-599.
197. Vertucci, F.J., Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 2005. 10(1): p. 3-29.
198. Weiger, R., et al., Periapical status, quality of root canal fillings and estimated endodontic treatment needs in an urban German population. *Dental Traumatology*, 1997. 13(2): p. 69-74.
199. Wu, M.K., H. Shemesh, and P.R. Wesselink, Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *International Endodontic Journal*, 2009. 42(8): p. 656-666.
200. Zakariasen KL., S.D., Jensen JR., Endodontic recall radiographs: how reliable is our interpretation of endodontic success or failure and what factors affect our reliability? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1984. 57: 343-7.
201. Zehnder, M., Root Canal Irrigants. *Journal of endodontics*, 2006. 32(5): p. 389-398.
202. Zhong, Y., et al., Extension and Density of Root Fillings and Postoperative Apical Radiolucencies in the Veterans Affairs Dental Longitudinal Study. *Journal of endodontics*, 2008. 34(7): p. 798-803.

10. Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. dent. R. Hickel, Dekan und Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, danke ich vielmals für die Möglichkeit zur Durchführung dieser Studie.

Herrn Dr. med. dent. Christian Diegritz möchte ich ganz besonders herzlich für die Bereitstellung des Themas, der umfassenden Betreuung bei dieser Dissertation und den kollegialen Gesprächen bei allen Fragen danken.

Frau Dr. med. dent. Katrin Heck danke ich für die Bereitstellung der Patientendatenbank und für Ihre Hilfe bei Fragen zur Datenverarbeitung.

Frau Elizabeth Heller danke ich besonders für Ihre stete Hilfe bei allen Fragen zur statistischen Auswertung.

Ich möchte mich abschließend bei meinen lieben Eltern, Geschwistern und Großeltern von ganzem Herzen für ihre unablässige Unterstützung in allen Lebenslagen, ihren Mut, ihr großes Vorbild und all die Liebe, die mir wiederfahren ist, bedanken.

Ich danke meiner Frau aus tiefster Seele für das Glück, dass ich jeden Tag durch sie erlebe.

12. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

Epidemiologische Querschnittsuntersuchung zur Qualität von
Wurzelkanalbehandlungen der Jahre 2003 und 2011

Selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Nürnberg, 26.06.2017

Ort, Datum

Jan-Henri, Guido, Kirchhoff

Doktorand